

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
U.N.A.**

**FACULTAD DE RECURSOS NATURALES Y DEL AMBIENTE
F.A.R.E.N.A.**

**ESCUELA DE SUELOS Y AGUA
E.S.A.**

TRABAJO DE DIPLOMA

**Estudio de Suelos y Caracterización de los Recursos
Hídricos Superficiales de la Subcuenca Cuá-Bocaycito
Departamento de Jinotega, Nicaragua**

Levantamiento de Reconocimiento, Escala 1:50,000

**AUTORES: Br. Sabrina Dolores Leal Tijerino
Br. Pablo Danilo Avendaño Rivas**

TUTOR: Ing. MSc. Carlos Zelaya Martínez

**ASESORES: Ing. Ignacio Rodríguez Ibarra
Ing. Efraín Acuña Espinales**

Managua, Agosto 1996

DEDICATORIA

Sabrina:

A mi madre Carmen Tijerino J.

A mi padre Genaro Leal D.

A mi abuela Leonarda Torres A (Qepd).

A mis hermanas, hermanos.

Danilo :

A mi madre Magdalena Rivas

A mi padre Ramón Avendaño

A mi esposa Mónica Romero

A mis hijos Juan Carlos Avendaño y

A Danilo Eduardo Avendaño

AGRADECIMIENTO

En primer lugar y ante todo damos gracias a Dios, por habernos dado fuerza, valor y coraje para que en medio de todas las dificultades que la vida presenta podamos ver concluida unas de nuestras primeras y grandes metas. Así mismo agradecemos a Dios el haber iluminado a nuestros padres para impulsarnos cada día en la responsabilidad que todo esto conlleva.

Queremos también así dejar constancia de nuestro sincero y profundo agradecimiento, por el apoyo brindado por un sin número de personas, que de forma desinteresada contribuyeron para llegar a la conclusión de este trabajo.

Agradecemos:

Al IDRC, INES Y FARENA, Por el apoyo financiero en la realización de gran parte de esta investigación.

Al Ing. Carlos Zelaya, Ing. Ignacio Rodríguez e Ing. Efrain Acuña, por la asesoría brindada.

A las Instituciones que nos brindaron información, INETER, MARENA, EAG (Estelí), a la UNA, muy especialmente al personal del laboratorio de Suelos y Aguas por su asesoría y Sra. Cornelia Palacios por su gran apoyo.

Al alcalde Juan Quant y vice-alcalde Carlos Valdivia (Qepd) del municipio del Cuá, por su cooperación durante la realización de la etapa de campo.

A nuestros compañeros de clases por su colaboración y apoyo moral brindado durante el desarrollo de este estudio. Y muy especialmente a Jazmina Martínez y Jairo Martínez por su siempre atenta colaboración en el desarrollo del trabajo.

INDICE

Contenido	Páginas
Dedicatoria	ii
Agradecimiento	iii
Indice	iv
Lista de tablas	vi
Lista de figuras	vii
Lista de mapas	ix
Lista de anexos	x
Resumen	xi
Summary.....	xii
I. Introducción	1
II. Objetivos	3
III. Revisión Bibliográfica	4
3.1 Concepto de Suelo	4
3.2 Levantamientos de suelos	5
3.2.1 Objetivos de los levantamientos de suelos	6
3.2.2 Los levantamientos de suelos y su cartografía	7
3.2.3 Delineación y utilización de la información de los mapas de suelos	10
3.3 Clasificación por capacidad de uso de los suelos	11
3.4 Uso actual del suelo	13
3.5 Uso propuesto del suelo	15
3.6 Hidrología	17
3.6.1 Concepto de cuenca	17

3.6.2	Característica de la cuenca	17
3.6.3	Característica morfológica de la cuenca.....	17
3.6.4	Hidrograma unitario	19
IV.	Materiales y Métodos	20
4.1	Descripción del área de estudio	20
4.1.1	Localización	20
4.1.2	Zonas de vida	21
4.1.3	Clima	24
4.1.4	Geología	24
4.1.5	Hidrología	26
4.1.6	Suelos	27
4.2	Materiales y equipos	27
4.3	Metodologías	29
V.	Resultados y Discusión	32
5.1	Hidrología	32
5.2	Suelos	43
5.2.1	Fisiografía	43
5.2.2	Pendiente	47
5.2.3	Factores de formación de suelo	50
5.2.4	Procesos de formación de suelo	50
5.2.5	Clasificación taxonómica de suelo	53
5.2.6	Uso actual del suelo	62
5.2.7	Capacidad de uso de los suelo	66
5.2.8	Comparación de uso actual y capacidad de uso	72
5.2.9	Uso propuesto	75
VI.	Conclusiones	85
VII.	Recomendaciones	88
VIII.	Bibliografía	89
IX.	Anexos	93

LISTA DE TABLAS

Tablas	Páginas
1. La escala y las unidades taxonómicas y cartográficas	8
2. Densidad de observaciones de acuerdo a Vink (1953)	9
3. Nomenclatura de los diferentes tipos de levantamientos agrológicos	9
4. Relaciones entre las unidades de mapeo y la clasificación por capacidad	14
5. Cultivos y/o plantas adaptables de acuerdo a las zonas de vida de la subcuenca Cuá-Bocaycito	16
6. Uso Propuesto por Capacidad de Uso.....	30
7. Caracterización hidrológica de las microcuencas Cuá y Bocaycito.....	40
8. Caudales máximos para períodos de retornos de la subcuenca Cuá-Bocaycito	41
9. Unidades fisiográficas por superficie, según su ubicación. Cifras absolutas y relativas	45
10. Pendientes por superficie, según su ubicación. Cifras absolutas y relativas	48
11. Ordenes de suelos por extensión, según su localidad. Cifras absolutas y relativas	59
12. Tipos de uso actual por extensión, según su localidad. Cifras absolutas y relativas	64
13. Clases de Capacidad por superficie, según su Ubicación. Cifras absolutas y relativas	70
14. Comparación de uso actual y capacidad de uso por extensión, según su localidad. Cifras absolutas y relativas	73

15. Usos propuestos por superficie, según su ubicación. Cifras absolutas y relativas	82
16. Pendiente media de la microcuenca Cuá	95
17. Pendiente media de la microcuenca Bocaycito	97
18. Elevación media de la microcuenca Cuá	99
19. Elevación media de la microcuenca Bocaycito	100
20. Pendiente media del cauce principal para la microcuenca el Cuá.....	101
21. Pendiente media del cauce principal para la microcuenca Bocaycito	102
22. Análisis físicos y químicos de los perfiles representativos de la sub cuenca Cuá - Bocaycito	130

LISTA DE FIGURAS

Figuras	Páginas
1.- Ubicación geográfica de la subcuenca Cuá-Bocaycito	22
2.- Elevación media de la microcuenca el cuá	34
3.- Elevación media de la microcuenca Bocaycito	34
4.- Caudal pico de la microcuenca el Cuá	38
5.- Caudal pico de la microcuenca Bocaycito	39

LISTA DE MAPAS

Mapas	Páginas
1. Mapa de poblados y Vías de comunicación	23
2. Mapa de Hidrología	42
3. Mapa Fisiográfico	46
4. Mapa de Pendiente	49
5. Mapa de Suelo	61
6. Mapa de Uso actual.	65
7. Mapa de Capacidad de Uso	71
8. Mapa de Comparación de uso actual y capacidad de uso	74
9. Mapa de Uso propuesto	83
10. Mapa de Zonas de vida	84

LISTA DE ANEXO

Anexos	Páginas
9.1 Conceptos y características básicas usadas en la cuenca.....	93
9.2 Descripción de metodologías usadas para los análisis físicos y químicas	107
9.3 Descripción de los perfiles representativos	109
9.3.1 Orden Entisoles	109
9.3.2 Orden Alfisoles	115
9.3.3 Orden Ultisoles	122

RESUMEN

En el municipio del Cuá - Bocay que tiene una superficie de 4,234 Km², se encuentran la microcuenca el Cuá que tiene un área de 149.78 km², la microcuenca de Bocaycito con una extensión de 70.88 km² y la microcuenca de Los Pedernales con un área de 12.04 km², formando la subcuenca Cuá-Bocaycito en la que se realizó un estudio de suelo y caracterización de la red hidrológica en 1994.

El objetivo es contribuir a conocer el estado actual de los recursos hídrico y edáfico y proponer usos eficiente de dichos recursos, a través de una inventarización y caracterización de los suelos, determinar su capacidad de uso, hacer el inventario de uso actual, identificar áreas críticas y posteriormente hacer un mapa de uso propuesto de la subcuenca.

Encontramos suelos de Orden Entisoles, Alfisoles, Ultisoles ocupando el 46.40%, 27.08% y 26.52% respectivamente del área total. Se determinó la capacidad de los suelos usando la clasificación de Klingebiel y Montgomery (1965), se encontraron suelos de la clase VI ocupando la menor área (9.82%) y el mayor porcentaje de área lo ocupa la clase VIII (56.72%). En el inventario de uso actual la mayor área es ocupada por pastos más cultivos anuales (22.40%) y el bosque ralo más cultivos perennes ocupa la menor área (1.37%). Al determinar la confrontación de uso actual y capacidad de uso resultó que el 70.36% de las tierras es sobreutilizada, el 26.19% bien utilizada y 3.45% están subutilizadas. Encontrándose así una alta degradación de los suelos la cual se debe a los tipos de uso que sobrepasan la capacidad productiva de la tierra, deforestación de la reserva biológica, falta de manejo conservacionista. Por lo tanto se debe diseñar un plan de ordenamiento de los usos agropecuario y forestal de la tierra de la subcuenca.

I. INTRODUCCION

El Municipio del Cuá - Bocay pertenece al Departamento de Jinotega (Región VI), posee ríos de extraordinaria belleza y moderado caudal, entre los que se pueden mencionar los ríos El Cuá, río La Lana, río La Cruz, río Gusanera y el río Bocay. Cercana a la cabecera Municipal de El Cuá se encuentra la subcuenca Cuá - Bocaycito ubicada aproximadamente a 90 Km al Noreste de la ciudad de Jinotega.

Durante los años 50 se produjo, a través de concesiones a compañías madereras extranjeras, la explotación de los recursos forestales quedando como producto de tal actividad la disminución de las áreas de bosques a tal grado que sólo se conservan los macizos de Peñas Blancas y el Kilambé con su bosque natural y actualmente han sido declarados Parques Nacionales.

El Cuá ha sido uno de los municipios de Nicaragua que ha experimentado con mayor rigor los efectos de enfrentamientos militares desde 1960 hasta 1990, lo que ha provocado la emigración de campesinos que se encontraban en áreas de mayor peligro por la guerra, a áreas de menor riesgo; surgiendo de esta manera asentamientos en la periferia del poblado. Así mismo, con el fin de la guerra se dió el aumento poblacional por la repatriación de campesinos que habían huido a Honduras y por la desmovilización de los grupos armados. Por lo antes expuesto, es que existe muy poca información disponible de sus recursos naturales, y nunca se había realizado un levantamiento de suelo, siendo esta un área sin cartografiar, hasta el presente estudio que se llevó a cabo en 1994.

Esto ha ocasionado una mayor presión por parte de la población sobre los recursos naturales principalmente los bosques, los suelos y los recursos hídricos, lo que a corto plazo ha significado la deforestación, la erosión de los suelos, el empobrecimiento de éstos, lo que se debe entre otras causas a los tipos de usos que sobrepasan la capacidad productiva de la tierra, ya que se encuentra el uso de la agricultura intensiva en áreas de uso forestal y explotación forestal en áreas de protección de la vida silvestre, además ha significado la reducción de la infiltración del agua disminuyendo la capacidad de recarga del acuífero.

Por lo antes mencionado y considerando que el ecosistema de la zona (Sub-Tropical húmedo y húmedo montano bajo subtropical) es muy frágil, es de suma importancia la evaluación de los recursos hídricos y edáficos, para hacernos un juicio del grado de su deterioro y elaborar propuestas que conlleven a la sostenibilidad de los recursos bajo alternativas de uso no degradantes.

La metodología que se utilizó para tal evaluación consistió en un "Diagnóstico de suelo" (Levantamiento de suelos y su capacidad de uso) que nos permite caracterizar los tipos de suelos existentes en la zona, así como identificar áreas críticas (tierras sobreutilizadas o subutilizadas) y recomendar en base a estos resultados, los posibles usos del suelo sin exponerlos a una degradación y asegurar la perpetuidad del ecosistema. Además se hizo una caracterización hidrológica de la subcuenca para conocer su potencial hídrico.

II. OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL:

Contribuir desde la perspectiva del estudio de los recursos hídricos y edáficos, para conocer su estado y proponer usos más eficientes de los recursos naturales en la Subcuenca.

OBJETIVOS ESPECIFICOS:

1. Caracterizar la Red Hidrológica de la Subcuenca.
2. Realizar el inventario de los suelos de la zona.
3. Determinar la capacidad de uso de la tierra.
4. Realizar el inventario del uso actual de la tierra.
5. Identificar áreas críticas (sobre-utilizadas o sub-utilizadas).
6. Proponer sistemas productivos que preserven y mejoren el medio ambiente (ecosistema).

III. REVISION BIBLIOGRAFICA

3.1 Concepto de Suelo

El concepto suelo tiene varias acepciones, en función principalmente de la utilización que de él se pretenda. Es considerado edafológicamente cuando se trata como soporte de la actividad agraria y del desarrollo biológico.

Es evidente el importante papel que juega el suelo en la cubierta vegetal, siendo por tanto necesario su conocimiento tanto para establecer un mejor aprovechamiento como para evitar deterioros irreversibles de la misma o la aparición de fenómenos perjudiciales derivados de su inadecuado uso, y que toda ordenación agrohidrológica trata de evitar o corregir. Tragsa, (1994)

Marburt en 1935, (citado por Cline, 1961), menciona que: "a partir de los conceptos sobre génesis de suelos de la escuela Rusa, lanzó uno de los primeros conceptos de suelo: Capa superior de la corteza terrestre, usualmente inconsolidada que varía en espesor desde una lámina superficial hasta algo más que diez pies y que difiere del material debajo de ella, también usualmente inconsolidado en color, estructura, etc. probablemente procesos químicos, reacción y morfología.

En el momento, para los levantamientos edafológicos el suelo se define como: Una colección de cuerpos naturales sobre la superficie terrestre, en algunos lugares modificado o inclusive hecho por el hombre a partir de materiales terrestres, que contiene materia viva y que soporta o es capaz de soportar plantas en forma natural. USDA, (1990).

3.2 Levantamiento de Suelos

Siendo el suelo un recurso natural limitado y ante la imperiosa necesidad de racionalizar su uso, se realizan día con día levantamientos de suelos que proporcionan información sobre su distribución y sus propiedades en una zona dada. A partir de esa información se evalúan a los suelos, para diferentes propósitos y se forman clases que sirven de premisas para elaborar los juicios necesarios en la planeación del desarrollo de una localidad. Ortiz Solorio, (1974).

Según Cortés y Malagón (1983), el levantamiento de suelos se puede definir como el estudio sistemático de los suelos en el campo, a través de la descripción de sus características internas y externas y del análisis de laboratorio de muestras tomadas en individuos (pedones) que representan la población edáfica la cual, a su vez es clasificada y mapeada a una escala determinada, de acuerdo a los objetivos del estudio.

En la definición expuesta se establece que un estudio de suelo consta de las acciones siguientes:

- a) Determinación de las características y propiedades de los suelos mediante descripciones apropiadas y análisis de laboratorio.
- b) Clasificación de las poblaciones de suelos, selección de las unidades cartográficas y demarcación de los respectivos límites.
- c) Interpretación de datos e información registrada durante el levantamiento, para cumplir con los objetivos del mismo.

La tarea fundamental del programa de reconocimiento de suelos es la de elaborar el inventario de los suelos del país y la de presentar los resultados de dicho inventario en mapas edafológicos de diferentes tipos y especificaciones.

3.2.1 Objetivos de los levantamientos de suelo

Estos mismos autores plantean que, los levantamientos de suelos, además de sus características y propósitos generales, deben contemplar una serie de acciones que conduzcan al cumplimiento de los siguientes objetivos específicos:

1. El inventario preciso de los suelos. Esta tarea es la base fundamental de la zonificación agroecológica del país o de una región en particular.
2. La clasificación de los suelos según su potencialidad. Esto es útil no solamente para el campesino, sino también para el personal que tiene que trabajar en el desarrollo de una región, como es el caso de los extensionistas agrícolas y los agrónomos de asistencia técnica.
3. Las recomendaciones sobre la fertilidad de cada suelo reportado, indicando las cantidades de los elementos necesario para el normal desarrollo de las plantas.
4. La taxonomía y la correlación de suelos. Hay necesidad de traducir las características de los suelos a un lenguaje internacional, con el fin de entender las relaciones que existen entre los suelos de un país con los de otros. Para esto es necesario utilizar un sistema de clasificación conocida y usado internacionalmente; esto además ayuda a efectuar la correlación de los suelos a nivel nacional. Se sugiere la utilización de sistema Taxonómico Americano a nivel de toda la América Latina.
5. La discusión de las propiedades físicas, químicas y mineralógicas en forma integral y completa.
6. La presentación del informe.
7. Divulgación de los estudios de suelos.

El orden de presentación de los diferentes temas en cuanto a su aplicación disciplinaria o multidisciplinaria, es el siguiente:

- Aplicación a campos ingenieriles.
- Aplicación a ciencias agronómicas.
- Aplicación a las ciencias forestales.
- Aplicación a las ciencias ambientales y recreacionales.
- Aplicación en los campos de la planificación y desarrollo.
- Aplicaciones varias.

El aspecto final y la tendencia general en las aplicaciones de los levantamientos de suelos a diferentes disciplinas, necesariamente debe referirse a la cuantificación (valoración individual) de los múltiples aspectos tenidos en cuenta en las tablas interpretativa, de tal manera que los límites de variación para asignar calificativos a las limitaciones (ligeras, moderadas, severas) deberá llevarse a cabo ponderadamente, ya que en algunos casos un solo factor puede descalificar una zona para una aplicación dada. Este campo de aplicación está íntimamente relacionado con el análisis de datos, su procesamiento computarizado y define la orientación futura en esta metodología.

3.2.2 Los levantamientos de suelo y su cartografía

Además dicen que la terminología utilizada para distinguir los estudios de suelos de tipo cartográfico se basa en la intensidad de observaciones, razón por la cual la FAO y otras escuelas evitan usar nombres tales como "detallado", "semidetallado", "general", "reconocimiento", etc. y prefieren referirse directamente a "intensidad" muy alta, alta, media y baja. El CIAF, en Colombia, usa el término "orden" (1º, 2º, 3º, etc) para los diferentes tipos de levantamiento pero anota, en cada caso, la relación con los nombres "detallado", "semidetallado", etc.

La nomenclatura basada en intensidad de observaciones es apropiada, bien sea que los datos de un levantamiento de suelos se presenten en mapas o en tablas Smyth, (1977). Tal terminología, no es una guía para los objetivos que debe cumplir el levantamiento agrológico. La densidad exacta de observaciones que se requiere para una cierta interpretación puede variar de un medio a otro en relación, particularmente, a la complejidad y al grado de contraste de las poblaciones de suelos.

Estos mismos autores dicen que la escala es uno de los elementos más importantes en la cartografía de suelos, porque está relacionada directa o indirectamente con el contenido del mapa, sus dimensiones y precisión, lo mismo que con el tipo de levantamiento, sus especificaciones, el grado de desarrollo de la región a cartografiar, el costo del estudio y el tipo de interpretación multidisciplinaria que pueden hacerse a los datos e información registrada durante la labor de mapeo.

Tabla # 1: La escala y las unidades taxonómicas y cartográficas. Cortés y Malagón, (1983).

Tipo de levantamiento	Escala de las fotografías	Escala de publicación
General	1:40,000 - 1:60,000	1:100,000
Semidetallado	1:20,000 - 1:30,000	1:50,000
Detallado	1:5,000 - 1:20,000	1:10,000 - 1:25,000

En esta tabla se ilustra el equilibrio que debe existir entre la escala de un levantamiento agrológico, el nivel de generalización taxonómica y las unidades de mapeo, cuyos datos han sido tomado de las especificaciones para la ejecución de los levantamientos Agrológico que realiza la subdirección Agrológica del Instituto Geográfico Agustín Codazzi (Colombia).

Tabla # 2: Densidad de observaciones de acuerdo a Vink (1953), citado por Cortés y Malagón (1983).

Tipo de levantamiento	Escala del mapa	Densidad de observaciones en 100 ha.	
		Sin fotos	Con fotos
Muy detallado	1: 2.500	500 - 4.000	500 - 4.000
Detallado	1: 10.000	100 - 500	100 - 500
Detallado a semidetallado	1: 25.000	± 100	10 - 50
Semidetallado	1: 50.000	12 - 25	1 - 3
Reconocimiento	1:100.000	2 - 45	± 1
Reconocimiento generalizado	1:250.000	± 1	0.5 - 1

Tabla # 3: Nomenclatura de los diferentes tipos de levantamientos agrologicos

Escala de publicación	* IGAC	** CIAF orden	*** SVCS	1/ FAO	VINK 1953	USDA
1: 5,000	-	-	-	-	-	Detallado en fincas
10,000	muy detallado	1°	-----	intensidad muy alta	muy detallado	
10,000 - 25,000	detallado	2°	detallado	intensidad alta	detallado-semidetallado	
1:20,000	-	-	-	-	-	Recon. en país
25,000 - 50,000	semi detallado	3°	semi-detallado	intensidad media	semidetallado	
50,000 - 100,000	general	4°	reconocimiento	intensidad baja	detallado-reconocimiento	reconocimiento detallado
100,000-250,000	general preliminar	5°	gran visión	intensidad baja	reconocimiento generalizado	reconocimiento
250,000-500,000	exploratorio	6°	esquemático	exploratorio		
1:1,000,000	-	-	-	-	-	Reconocim. Generalizado
500,000-1,500,000	esquemático	7°	-----	síntesis		

* Instituto Geográfico Agustín Codazzi.

*** Sociedad Venezolana de la ciencia del suelo.

** Centro Interamericano de Foto interpretación.

1/ Correspondencia aproximada FAO, 1969.

3.2.3 Delineación y utilización de la información en los mapas de suelo

Según Ortiz y Cuanalo, (1981), citado por González, (1988), Los Levantamientos de suelos son metodologías para estudiar y describir sistemáticamente al recurso suelo. Hasta la fecha, es el procedimiento más rápido y preciso con que disponemos para hacer predicciones acerca del comportamiento de los suelos bajo diferentes usos y niveles de manejo.

Estas metodologías están basadas principalmente en el estudio del terreno y perfiles de suelos. Al comparar los perfiles de suelos de un área dada, unos resultarán muy semejantes y otros mostrarán diferencias en varias características, de tal forma que es posible clasificar los suelos en varios niveles de generalización. Después de clasificar, se puede agrupar a los perfiles de suelos con características similares y su localización geográfica puede determinarse con la ayuda de observaciones de campo y sus relaciones con el paisaje. Siendo el resultado un mapa de suelos y su informe o memoria. Ortiz, (1988).

Los estudios de suelo son necesarios para suministrar a una región el inventario del recurso suelo a fin de que el plan de acción pública pueda ser sensatamente constituido y administrado. Los agricultores que tengan un mapa moderno de los suelos de su municipio pueden obtener una predicción aceptable del rendimiento de sus cultivos y normas adecuadas sobre sus sistemas de explotación agrícola a fin de lograr la producción de sus tierras en un mayor alcance. Ortiz-Villanueva, (1990).

Un levantamiento o estudio agrológico es el proceso de estudiar una porción de la superficie terrestre en términos de unidades, llamados tipos de suelos y producir un mapa de los mismos.

El objetivo final de la clasificación de suelos es contribuir con ello a la satisfacción máxima de las necesidades humanas que dependen de su uso, lo cual requiere la agrupación de suelos de propiedades semejantes, de tal manera que las tierras pueden ser manejadas en forma eficiente para la producción de cosechas. Foth, (1987).

3.3 Clasificación por capacidad de uso de los suelos

Por evaluación de tierra debemos entender, de acuerdo con Stewart, (1968), como las interpretaciones hechas por el hombre para determinar el uso posible de los terrenos, ya sea con fines agrícolas, forestales, de ingeniería, de recreación, etc. Ortiz Solono, (1974).

Según (PAFT/CA)-CATIE, (1991), existen numerosas clasificaciones que han sido desarrolladas por diferentes personas e instituciones durante los últimos cuarenta años, principalmente con fines de conservar los suelos y delimitar las tierras aptas para los cultivos en limpio. Se conocen por lo menos 20 sistemas usados en nuestro hemisferio de los cuales unos 14 son conocidos en Centro América. De estos, el más conocido y firmemente arraigado en las instituciones públicas afines con el desarrollo agrario y la planificación, es un sistema desarrollado por el **Servicio de Conservación de Suelos del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos**.

Para Klingebiel y Montgomery, (1965), la clasificación por capacidad de uso es un agrupamiento de un número de interpretaciones, que se hace principalmente para fines agrícolas. La clasificación por capacidad comienza por las unidades de mapeo, las cuales constituyen la piedra angular del sistema. En esta clasificación los suelos arables se agrupan de acuerdo a sus potencialidades y limitaciones, para una producción continua de los cultivos comunes que no requieren condiciones o tratamientos particulares.

Los suelos no arables (suelos que no son adecuado para una producción continua y de largo tiempo), se agrupan de acuerdo a sus potencialidades y limitaciones, para la producción de vegetación permanente y de acuerdo con los riesgos de destrucción o daños si son mal manejados.

La unidad individual de mapeo en los mapas de suelo, muestra la localización y extensión de las diferentes clases de suelo. Es posible hacer gran número de predicciones acerca del uso y manejo de las unidades individuales de mapeo, que se muestra en el mapa.

El agrupamiento por capacidad es diseñado para:

1. Ayudar a los tenedores de tierra y otros en el uso o interpretación de los mapas.
2. Para familiarizar a los usuarios sobre los detalles del mapa mismo.
3. Para hacer factible las generalizaciones basadas en las potencialidades del suelo, limitaciones en su uso y problemas de manejo.

Según (PAFT/CA)-CATIE, (1991), la capacidad de uso se refiere al uso más intensivo que pueda sostener una unidad de tierra con definidas cualidades físicas y biológicas dentro de un sistema socio-cultural determinado. La capacidad de uso está determinada por numerosos factores naturales, principalmente clima, geomorfología, suelos y biota operando en conjunto y, a menos que haya un cambio significativo en las condiciones socio-culturales presentes en el área, es una condición inalterable determinada por la naturaleza, no por el hombre.

La capacidad de uso, así definida, no representa una obligación. Si no existe necesidad económica o recursos financieros suficientes para usar la tierra en su punto de mayor intensidad, en la mayoría de los casos usos menos intensivos son también opciones aceptables hasta llegar al no uso de la unidad. Pero, no es posible exceder el límite máximo expresado por la capacidad de uso y a la vez sostener el uso por largo tiempo o de manera indefinida.

Según Foth, (1987), Un mapa de capacidad de uso es importante para formular planes de conservación para los agricultores.

Rodríguez y Gutiérrez, (1989), dicen que la capacidad de uso es la aptitud de la tierra a producir sostenida y permanentemente bajo usos y tratamientos específicos. La capacidad de uso se determina por el grado y tipo de limitaciones edafoclimáticas para diferentes usos y por la adaptabilidad de los diferentes tipos de plantas a las diversas condiciones de uso y el clima. La capacidad de uso también nos permite reconocer las diferentes alternativas e intensidades de uso permisible a cada clase de capacidad.

3.4 Uso actual del suelo.

Según Cortés y Malagón, (1983) dice que, el uso actual del suelo se refiere a la utilización que dentro de las operaciones agrícolas ganadera o silvícola, se registran al momento de efectuar sus delimitaciones por este concepto. Desde el punto de vista de la conservación de los suelos, es necesario tener información sobre el uso actual del suelo, ya que esto permite en conjunto con otros conocimiento edafológicos, proyectar las medidas necesarias para aprovecharlo mejor como recurso renovable.

Los diferentes tipos de uso del suelo que se delimitan en el plano, son los siguientes:

1. **Uso agrícola:** Incluye aquellos terrenos dedicados a la agricultura de riego, y/o de temporal (permanente o nómada).
2. **Uso pecuario:** Abarca las áreas donde se desarrollan pastizales nativos, cultivados o inducidos.
3. **Uso forestal:** Comprende aquellas zonas donde se desarrollan especies forestales, tales como: Pino, cedro, eucaliptos, etc.; así como diferentes tipo de selva.
4. **Asociaciones especiales de vegetación:** Incluye áreas con matorrales, sabáñas mezquiales, nopaleras, palmeras, etc.
5. **Desprovisto de vegetación:** Son áreas que se encuentran sin vegetación.

Tabla # 4: Relaciones entre las unidades de mapeo y la clasificación por capacidad. Cortés y Malagón, (1983).

Unidad de mapeo	Unidad de capacidad	Subclase de capacidad	Clase de capacidad
<p>Una unidad de mapeo es una porción del paisaje suelo que tiene características similares y cuyo límites son fijados por medio de definiciones precisas. Dentro de las limitaciones cartográficas, y considerando el propósito de mapa, la unidad de mapeo es una unidad sobre la cual pueden hacerse el mayor número de predicciones y consideraciones.</p> <p>La unidad de mapeo provee la máxima información detallada. Esta unidad es la base para proceder a efectuar todas las agrupaciones de suelos. Ella provee la información necesaria para desarrollar unidades de capacidad, grupos para lotes dedicados a bosques, grupos para sitios (pastoreo extensivo) grupos para fines de ingeniería y otros grupos interpretativos de suelos.</p> <p>Las prácticas más específicas de mapeo y estimación de rendimientos están relacionada a la unidad de mapeo.</p>	<p>Una unidad de capacidad es un agrupamiento de una o más unidades individuales de mapeo que tienen potenciales similares así como también limitaciones y riesgos permanentes. Los suelos en una unidad de capacidad son suficientemente uniforme para: a) producir clases similares de cultivos, y pastos con tratamientos similares al manejo, b) Requieren tratamientos conservacionista y de manejo similares bajo la misma clase y condición de cubierta vegetal y c) Tienen productividad potencial comparable.</p> <p>La unidad de capacidad condensa y simplifica informaciones sobre suelo a fin de poder planear áreas específicas de terrenos y lote por lote. La unidad de capacidad con subclase y clase, provee informaciones sobre el grado de limitaciones, clase de problema de conservación y las prácticas de manejo necesario.</p>	<p>Las subclases son grupos de unidades de capacidad que tienen los mismos problemas principales de conservación tales como: erosión y escurrimiento, exceso de agua, limitaciones de la zona radicular y limitaciones climáticas.</p> <p>Las subclases proveen informaciones en cuanto a la clase de problemas y limitaciones. La clase y subclase junta proveen al usuario de mapa, informaciones que sirven para realizar programas de planificación y estudios de conservación amplios y generales que se necesitan y otros propósitos similares.</p>	<p>La clase de capacidad son grupos de subclases o unidades que presentan el mismo grado relativo de riesgos o limitaciones. Los riesgos de daños al suelo o limitaciones del suelo en cuanto al uso aumentan progresivamente de la clase I a la VIII.</p> <p>La clases de capacidad son útiles en cuanto sirven para introducir al usuario de los mapas, en informaciones más detallada del mapa de los suelos.</p> <p>Las clases muestran la ubicación, cantidad y aptitud general de los suelos para agricultura. Al nivel de la clase se obtienen solamente informaciones de carácter general sobre limitaciones de uso agrícola de los suelos.</p>

3.5 Uso propuesto del suelo

Para Rodríguez y Gutiérrez, (1989), el uso propuesto es el uso óptimo agropecuario forestal de la tierra que se caracteriza por ser el más intensivo y el más conservacionista que se basa en la capacidad de uso de la tierra, la adaptabilidad y la productividad de las plantas.

Categorías de uso propuesto:

1. Clase de uso propuesto

- Agropecuario
- Agropecuario forestal
- Forestal
- Protección de la vida silvestre

2. Subclase de uso propuesto

- Cultivos anuales
- Cultivos semiperennes
- Pastos
- Agroforestales
- Pecuario forestal
- Silvopastoril
- Forestal de producción
- Forestal de producción protección
- Protección de la vida silvestre

3. Unidades de uso propuesto: De acuerdo a cultivos y/o plantas adaptables a las zonas de vida del área en estudio.

Tabla # 5: Cultivos y/o plantas adaptables de acuerdo a las zonas de vida de la subcuenca Cuá-Bocaycito. Rodríguez, (1996. CV).

ZONA DE VIDA Y PISO ALTITUDINAL	CULTIVOS ANUALES	CULTIVOS SEMI-PERENNES	PASTOS Y ESPECIES FORRAJERAS	CULTIVOS PERENNES	ESPECIES FORESTALES
Bosque muy húmedo subtropical 300-500 msnm	Maíz, frijol, yuca, malanga, hortalizas de raíz (zanahoria, remolacha, rábano)	Plátano, granadilla, piña, banano, guineo cuadrado, manzano	Jaragua, gamba, pangola, gandúl, terciopelo, leucaena	Cítricos agrios, mangos, guayabas, marañón, jocote, níspero, papaya, anona	Madero negro, caoba, sangre grado, nogal guayabón, guaba, roble encino, laurel, cortez, guanacaste, helequeme.
Bosque muy húmedo subtropical 500-700 msnm	Repollo, chiltoma, tomate, cebolla, maíz, frijol, yuca, malanga, jengibre	Banano, piña, plátano, guineo cuadrado, manzano	Guinea, india, gamba, jaragua, pangola, leucaena, gandúl, terciopelo	Café, aguacate, naranja dulce, fresas, mandarina, mamey	Madero negro, caoba, sangre grado, guayabón, guaba, roble encino, laurel, cortez, nogal, guanacaste, helequeme.
Bosque muy húmedo subtropical 700-1200 msnm	Papa, repollo, lechuga, coliflor, maíz, frijol, ajo, malanga, yuca	Banano, piña, naranjilla	Gamba, jaragua, pangola, gandúl, terciopelo, leucaena.	Café, fresa, aguacate, naranja, mandarina, mamey, limón	Madero negro, caoba, sangre grado, guayabón, guaba, roble encino, laurel, cortez, nogal, guanacaste, helequeme.
Bosque muy húmedo montano bajo subtropical 700-1500 msnm	-	-	-	-	Madero negro, caoba, sangre grado, guayabón, guaba, roble encino, laurel, cortez, nogal, guanacaste, helequeme.
Suelos con problemas de inundación 300-500 msnm	Arroz	Caña de azúcar	Pará, angenton, aleman, leucaena, gandúl	Coco	Mangle de agua dulce, guayabón, cedro, roble encino, madero negro

3.6 Hidrología

La Hidrología es la ciencia natural que estudia el agua, su ocurrencia, circulación y distribución en la superficie terrestre, sus propiedades químicas, físicas y su relación con el medio ambiente, incluyendo a los seres vivos. Mijares, (1987).

3.6.1 Concepto de Cuenca

Una cuenca es una zona de la superficie terrestre tal que (si fuera impermeable) todas las gotas de lluvia que caen sobre ella tienden a ser drenadas por un sistema de corrientes hacia un mismo punto de salida. Mijares, (1987).

3.6.2 Características de la Cuenca

- **Localización:** Se inicia el estudio con la localización geográfica de la cuenca en que se presentará el plano maestro con las coordenadas geográficas que indiquen claramente su situación.

3.6.3 Características morfológicas de una cuenca

- **Tamaño de la Cuenca:** Este indica la superficie del área drenada, es decir desde donde nace el cauce hasta el sitio donde se encuentra la estación medidora de caudal que va a servir de base para el estudio hidrológico de la cuenca, y cubre el perímetro de la cuenca. Generalmente se indica en Km².
- **Forma de la Cuenca:** La forma de la cuenca tiene fundamental importancia, en la cantidad de esorrentía para una misma área y una misma intensidad de lluvia el hidrograma de salida depende directamente de la forma de la cuenca; la cual puede expresarse por un factor K, adimensional llamado coeficiente de compacticidad de Gravelius. PNUD, OMM, (1972).

- **Corriente Principal:** Es la corriente que pasa por la salida de la cuenca, las demás corrientes de una cuenca se denominan corrientes tributarias. Entre más corrientes tributarias tenga una cuenca, es decir entre mayor sea el grado de bifurcación de su sistema de drenaje, más rápido será su respuesta a la precipitación. Por ello se han propuesto indicadores del grado de bifurcación. Mijares, (1987).
- **Orden de Corriente:** Una corriente de orden 1 es un tributario sin ramificación, una de orden 2 tiene sólo tributarios de primer orden, etc. Mijares, (1987).
- **Densidad de Drenaje:** Se entiende por densidad de drenaje a la mayor o menor facilidad que presenta una cuenca hidrográfica para evacuar aguas provenientes de las precipitaciones quedan sobre la superficie de la tierra, debido al grado de saturación de las capas del suelo. Si éste se encuentra saturado, y la lluvia continua almacenandose sobre la superficie, llegará un momento en que las aguas allí contenidas, escurren hacia el cauce natural, produciendose así el drenaje de la cuenca. PNUD, OMM, (1972)
- **Elevación Media de la Cuenca:** La elevación media de una cuenca es un factor que se relaciona a la temperatura y la precipitación. A su vez la variación de las temperaturas influye en la variación de las pérdidas de agua por evaporación. Por esta razón en hidrología se utiliza como parámetro representativo la elevación media de la cuenca. Para ello se usa un mapa topográfico con curvas de nivel definidas. Se marcan contornos de la cuenca con variaciones de elevación de 100 en 100 metros, se mide el área entre estos contornos, y se calcula el porcentaje de esta área, con relación al área total de la cuenca. Estos resultados se llevan a un gráfico, que indica elevaciones contra el porcentaje por encima del límite inferior, el que recibe el nombre de curva hipsométrica de la cuenca. La elevación media será aquella que corresponda al valor de 50% del área de drenaje, leyendo en la curva.

- **Pendiente de la Cuenca:** Esta tiene gran importancia pues guarda una relación compleja, con el grado de infiltración, la escorrentía, la humedad del suelo y con la contribución del agua subterránea a la corriente del cauce. PNUD, OMM, (1972).

3.6.4 Hidrograma Unitario

Se define como el hidrograma de escurrimiento directo que se produce por una lluvia efectiva o en exceso de lámina unitaria y repartida uniformalmente en la cuenca.

Supóngase que se presenta una misma tormenta en dos cuencas con el mismo suelo y la misma área pero de diferente forma aunque el volúmen escurrido sea el mismo, el gasto de pico y demás características del hidrograma varían de una cuenca a otra. El método de hidrograma unitario toma en cuenta este efecto, considerando, además de la altura total de precipitación y el área de la cuenca, su forma, pendiente, vegetación, etc. Mijares, (1987).

- **Hidrogramas Unitarios Sintéticos:**

Para usar el método de hidrograma unitario, siempre es necesario contar con al menos un hidrograma medido a la salida de la cuenca, además de los registros de precipitación, sin embargo, la mayor parte de las cuencas en todo el mundo, no cuenta con una estación hidrométrica o bien con los registros pluviográficos necesarios.

Por ello es conveniente contar con métodos con los que puedan obtenerse hidrogramas unitarios usando unicamente datos de características generales de la cuenca. Los hidrogramas unitarios así obtenidos se denominan "sintéticos". Mijares, (1987).

IV. MATERIALES Y METODOS

4.1 Descripción del área de estudio

4.1.1 Localización

La subcuenca Cuá - Bocaycito se encuentra en el departamento de Jinotega a unos 90 km al Noreste de la ciudad de Jinotega Cabecera Departamental. Limita al Norte con las Comarcas El Cedro, Las Pilitas y Río La Cruz; al Sur con las Comarcas La Pavona y Las Brisas sirviendo como parte aguas el macizo de Peñas Blancas; al Este con las Comarcas Lana Abajo, La Lana y Lana Arriba; al Oeste con las Comarcas La Pita, Abisinia, y el cerro Portillo Grande. La subcuenca cubre un área de aproximadamente 232.70 Km². La localización geográfica de la subcuenca está entre las coordenadas 13° 27' 24" y 13° 13' 24" de Latitud Norte y los 85° 44' 26" y 85° 35' 14" de Longitud Oeste. (ver figura 1 y mapa #1).

Por efectos de interés del estudio se hizo una división del área de trabajo en la Subcuenca Cuá - Bocaycito tomando como cauces principales el río Cuá para la micro cuenca Cuá con área aproximada de 149.78 Km² y el río Bocaycito para la micro cuenca Bocaycito respectivamente cubriendo un área aproximada de 70.88 Km². Ambos ríos desembocan en el río La Cruz.

Existe un área de aproximadamente 12.04 Km² que pertenece a la microcuenca del río Los Pedernales que está fuera de la subcuenca, pero por interés para los habitantes de la zona se incluye en este estudio, la que esta delimitada por la parte Norte de la subcuenca y el río la Cruz (ver mapa de delimitación de área). Por lo que el área total del estudio es de 232.70 Km².

4.1.2 Zonas de vida

De las zonas naturales de vida predomina el bosque sub-tropical húmedo, con áreas de bosque tropical seco y húmedo (Holdrige, 1979).

La vegetación primitiva ha sido sometida a talas y quemas, sin embargo en la partes Sur y Este de la subcuenca, aún se conservan pequeñas áreas del bosque natural.

En la zona de estudio podemos encontrar las siguientes formaciones vegetales:

- a) Bosques medianos o altos subperennifolios de zonas moderadamente cálidas y semihúmedas, 1500 a 2000 mm, 25°C, 300 a 500 m.s.n.m., llueve de Mayo a Noviembre.
- b) Bosques medianos o altos subperennifolio de zonas frescas y húmedas, 1500 a 2000 mm, 19° a 22°C, 500 a 1000 m.s.n.m., llueve de Mayo a Diciembre.
- c) Bosques medianos o altos perennifolio de zonas muy frías y húmedas, 1500 a 2000 mm, 19° a 22°C, 1000 a 1500 m.s.n.m., llueve de Mayo a Diciembre.
- d) Bosques medianos o altos perennifolios de zonas muy frías y muy húmedas, con precipitaciones de 1500 a 2000 mm, temperaturas 18 a 21°C, a altitud de 1500 a 1750 m.s.n.m., llueve de Mayo a Diciembre (Salas, 1993).

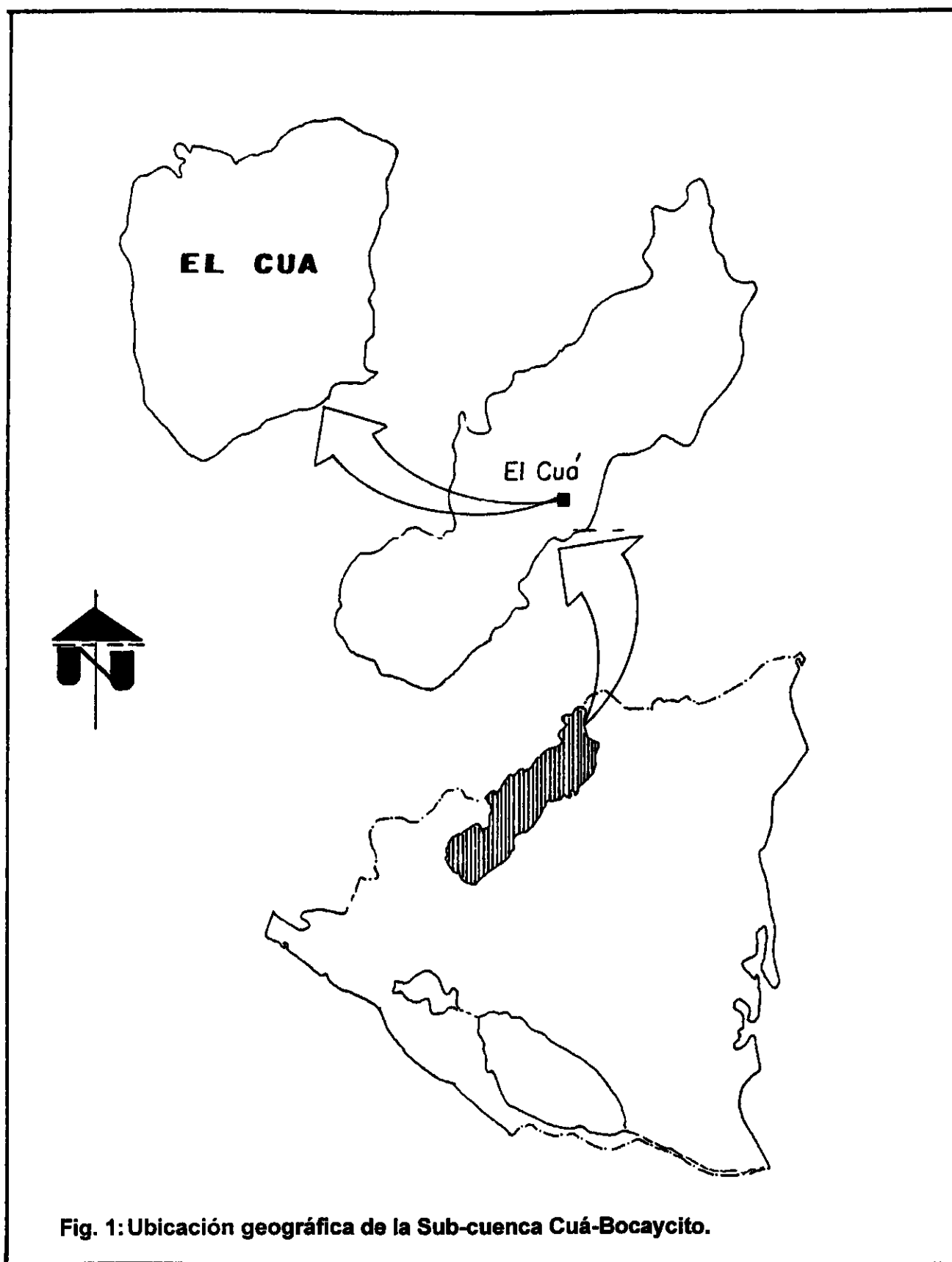


Fig. 1: Ubicación geográfica de la Sub-cuenca Cuá-Bocaycito.

4.1.3 Clima

En el área de estudio no existen datos de clima, debido a que no hay estaciones meteorológicas que brinden tal información, sin embargo los datos de precipitación, temperatura se han determinado mediante Isoyetas e Isotermas elaboradas por Fenzl, 1987.

La Subcuenca el Cuá - Bocaycito se encuentran entre altitudes que oscilan entre los 300 y 1,500 m.s.n.m. La temperatura promedio anual es de 20°C y fluctúa entre los 14°C y 26°C (Fenzl, 1987). El rango de variación de la temperatura es muy importante para el aprovechamiento de la tierra, y guarda estrecha relación con la altitud. Se considera a esta región, como la zona que presenta las temperaturas más bajas del país.

Según CIRECFA, (1992), la precipitación promedio es 1800 mm. y se presentan fluctuaciones de acuerdo a los pisos altitudinales, oscilando entre 1200 mm. en las zonas más bajas (300 ó menos m.s.n.m.) y 3000 mm. en las zonas de mayor altitud (1000 - 1500 m.s.n.m.)

4.1.4 Geología

Esta región pertenece a la provincia geomorfológica "Tierras Altas del Interior" y se compone de cerros, montañas y lomas que presentan hasta 75 % de pendiente, también se encuentran algunos valles intramontanos y llanuras de montañas (Catastro, 1979).

Toda esta región está influenciada por las cordilleras Dariense e Isabelia y por elevados macizos como Kilambé y Peñas Blancas. Nuestra área de estudio se encuentra influenciada por el grupo Matagalpa y el grupo Coyoil por lo cual daremos una breve descripción de estos dos grupos.

Grupo Matagalpa:

Este grupo está representado por cerros de relieve bajo ondulado y estratificado con pendientes suaves muy disectadas con drenaje dendrítico. Litológicamente el grupo está compuesto por piroclastos con fina estratificación, sedimentos tobáceos muy estratificados, ignimbritas andesitas, dacitas, riolita y escasa interrelaciones con lava básica.

Se calcula que el grupo Matagalpa tiene una edad comprendida en el Terciario inferior, Oligoceno superior a Mioceno inferior (30 a 20 millones de años). Este grupo descansa sobre los sedimentos lacustres y los volcanes del pre- Matagalpa.

Este grupo corresponde a las actividades volcánicas más antiguas del área y algunos autores coinciden que pertenece al período Mioceno - Oligoceno o el Mioceno inferior. Hodgson en 1971 encontró sedimentos fósiles del Oligoceno debajo del grupo Matagalpa.

Grupo Coyol:

Este grupo se ha dividido en dos grandes subgrupos :

Coyol inferior de edad Mioceno medio y superior (20 a 13.8 millones de años) y Coyol superior de edad Plioceno (13.8 a 2 millones de años), ya que se pueden diferenciar por el contenido litológico y por la posición estratigráfica.

Las características superficiales que lo diferencian del grupo Matagalpa están señaladas por su morfología; son cerros en forma de domos o cápsulas muy suaves hasta formar una especie de mesa, cerros bajos y ondulados.

Subgrupo Coyol inferior:

Está constituido por tobas blancas, basaltos y aglomerados, andesitas brechosas de color gris verdoso por la alteración de sus componentes de clorita. Otras andesitas son negras de pasta afanítica con bandas rojizas.

En el área de El Macizo de Peñas Blancas la toba es blanco verdosa algo aglomerática bien compacta, muchas veces tiene intercalaciones de sedimentos tobáceos.

Los basaltos andesíticos ocupan un lugar inmediato encima de las tobas, por donde aflora, forma un enorme banco de rocas compactas y fuertemente meteorizadas en su parte superior.

Subgrupo Coyol Superior:

Las rocas dacíticas se encuentran intercaladas con flujos riolíticos ligeramente silisificados y con aglomeraciones tobáceas. Son rocas generalmente rojizas - rosadas porfíricas con fenocristales de cuarzo, de tal modo que la meteorización de estos produce suelos arenosos.

La geología de la región es variable, estando formado por material no diferenciado del vulcanismo terciario. Sobre la cordillera Isabelia predominan basaltos del vulcanismo terciario, también se encuentran materiales de aluvión cuaternario.

4.1.5 Hidrología

Los ríos principales de la subcuenca Cuá - Bocaycito son:

El río Cuá tiene como afluentes: al río Los Aparejos, río La Trinchera, río La Sierpa y río La Nueva, que nacen en el Macizo de Peñas Blancas; río La Esperanza que nace en el cerro el Tabaco; río La Pitilla que nace a orillas del cerro El Venado; el río La Flor que nace en la parte de mayor altura del valle; y el río Teosintal que nace en el cerro Teosintal.

El río Bocaycito tiene como afluentes: la Quebrada La Pitilla que nace en la parte alta del valle la Pitilla, río Las Cruces que se origina en Sierra La Lana.

El río Cuá y el río Bocaycito desembocan en el río La Cruz, ubicado al Norte de la subcuenca.

4.1.6 Suelos

En general, la región posee suelos esqueléticos superficiales. Sobre la cordillera Isabelia predominan los suelos pardos forestales, profundos y pedregosos. (CIRECFA, 1992)

4.2 Materiales y equipos

Para la realización del Levantamiento de Suelo se utilizaron los siguientes materiales y equipos.

i) Fase Pre Campo

- a) Esteroscopio de espejo
- b) Hojas topográficas 1/50,000, El Cuá 3056 II, y Macizo de Peñas Blancas 3055 I
- c) Fotografías aéreas 1/25000 año 1987 y 1/30,000 año 1988.
- d) Proyectos en la cuenca.
- e) Acetatos.
- f) Marcadores indelebles finos.
- g) Masking tape.

ii) Fase de Campo

- a) Camioneta de doble tracción.
- b) Clinómetro.
- c) Barreno.
- d) Palín.
- e) Pala.
- f) Martillo de Geólogo-Edafólogo.
- g) Centímetros.

- h) Cuchillo de campo.
- i) Cámara fotográfica.
- j) Películas fotográficas para fotos y slides.
- k) Manual FAO para descripción de suelos.
- l) Clave para la taxonomía de suelos.
- m) Tablas de colores Munsell.
- n) Tarjetas para describir perfiles.
- o) Libreta de campo.
- p) Bolsas plásticas para toma de muestra.
- q) Etiquetas para identificación de muestras.

iii) Fase Post Campo

- a) Equipo de laboratorio químico y físico para análisis de suelos.
- b) Reactivos para análisis de suelos.
- c) Planímetro polar.
- d) Papel tracing.
- e) Masking tape.
- f) Tape magic.
- g) Marcadores indelebles finos.
- h) Skecht Master.
- i) Mesa de luz.
- j) Juego de lero y.
- k) Tinta china.
- l) Lápices de colores.
- m) Computadora.
- n) Cinta impresora de computación.

4.3 Metodología

Para la caracterización de la red hidrológica se tomaron en cuenta los parámetros hidrológicos como la pendiente media de la cuenca la cual se determinó por el método de Horton, Mijares, (1987) , la elevación media de la cuenca se obtuvo a través del método de la curva hipsométrica, Mijares (1987), era necesario conocer también la pendiente del cauce principal y esta se calculó a través del método de Relación distancia-elevación, Mijares, (1987) y el caudal al pico se determinó usando el método del diagrama unitario sintético, Tragsa, (1987), para determinar valores de caudales máximos en determinados períodos de retorno se empleo el método de Gumbel, Tragsa, (1987).

El diagnóstico de suelo se realizó según el Manual para el levantamiento de Suelos del Soil Survey Staff (1962) USDA, utilizando la Clasificación de Suelos conocida como Soil Taxonomy, preparada por el Soil Survey Staff (1990) y la capacidad de uso del suelo se determinó usando la Clasificación desarrollado por Kingebiel y Montgomery (1965) Servicio de Conservación de Suelo - USDA.

En la comparación de uso actual y capacidad de uso del suelo, se realizó una sobre posición de ambos mapas, surgiendo así las áreas críticas como son: sobreutilizadas que son los suelos que están siendo utilizados por encima de su capacidad de uso y las subutilizadas son suelos que presentan un uso menor a la capacidad de uso.

Tomando en cuenta los mapas resultantes de capacidad de uso y el de zonas de vida se obtuvo el mapa de uso propuesto para la subcuenca, en el que se proponen usos que conlleven a mejorar y preservar los recursos naturales que están siendo degradados, además se proponen cultivos que se adapten a las zonas de vida que se encuentran en el área de estudio.

Tomando en cuenta la capacidad de uso a los suelos, se les proponen los siguientes usos:

Tabla # 6: Uso Propuesto por Capacidad de Uso

Clases de Capacidad de Uso	Uso Propuesto
IV	AF ₂ / G / GF ₁
V	AF ₃ / GF ₁ / GF ₂
VI	AF ₃ / GF ₂ / F
VII	AF ₃ / F
VIII	PVS

AF: Sistema agroforestal.

F: Uso Forestal.

GF: Sistema Silvopastoril

PVS: Protección de la vida silvestre.

A continuación se presenta el procedimiento que se empleó para el estudio de suelos e hidrología, el cual se describe en tres etapas:

Etapas 1: Fase Pre campo:

1. Recopilación y análisis de la información existente para la subcuenca
2. Fotointerpretación preliminar geomorfológica, pendiente, hidrológica y de uso actual de la tierra con fotografías aéreas a escalas 1:25,000 y 1:30,000 del año 1987 y 1988.
3. Hacer cálculos mediante fórmulas empíricas para conocer los parámetros hidrológico y poder caracterizar la red hidrográfica de la Subcuenca.
4. Selección de caminos transectos para reconocer en el campo y efectuar las observaciones y perfiles de suelo en toposecuencia.

Etapas 2: Fase de campo:

1. Se comprobó las diferentes unidades geomorfológicas, pendiente, hidrológica y uso actual, trazadas en las fotografías aéreas.
2. Levantamiento de suelos reconocimiento con observaciones y descripción de cortes de caminos, barrenadas y perfiles representativos.
3. Los criterios seguidos para la denominación de horizontes fue la utilización de la Clave para la taxonomía de Suelos (USDA, 1990); la tabla de colores Munsell y la guía para la descripción de perfiles (FAO, 1977).
4. Toma de muestras de suelos de los diferentes perfiles descritos.

Etapas 3: Fase Post campo:

1. Análisis de laboratorio
2. Elaboración de los siguientes mapas:
 - Poblados y Vías de comunicación
 - Unidades taxonómicas de suelos (nivel de subgrupo taxonómico).
 - Capacidad de uso de Tierra.
 - Uso actual.
 - Confrontación de capacidad de uso y uso actual.
 - Uso propuesto.
3. Redacción de Informe.

V. RESULTADOS Y DISCUSION

5.1 Hidrología

En la subcuenca Cuá-Bocaycito, está conformada por la microcuenca Cuá y la microcuenca Bocaycito. La longitud del cauce y los drenes principales de la microcuenca Cuá es de aproximadamente 101.2 Km. ésta es la microcuenca que posee mayor longitud del cauce principal y mayor número de drenes. La microcuenca Bocaycito con longitud de cauce y drenes principales de aproximadamente 35.2 Km. Por la forma natural de ésta microcuenca (oblonga) el número de drenes y la longitud de ellos es reducido.

Es importante mencionar que ambos ríos tienen su origen en la parte del Macizo de Peñas Blancas y a medida que los cauces avanzan hacia el Norte sus caudales son mayores. Luego estos dos cauces se unen por el río la cruz.

En cuanto a algunas características físicas generales de la subcuenca determinamos la forma de las microcuencas ya que esta influye sobre el escurrimiento y sobre la marcha del hidrograma resultante de una precipitación dada; la microcuenca el Cuá con un área de 149.78 Km², es de forma ovalada donde los escurrimientos de agua recorren cauces secundarios hasta llegar a un cauce principal por lo que la duración del escurrimiento es de corto tiempo, y longitud del cauce principal de 25.55 Km., y la microcuenca de Bocaycito con área de 70.88 Km², es de forma oblonga donde el agua discurre mayormente por un sólo cauce principal por lo que la duración del escurrimiento es de mayor tiempo en relación a la de forma ovalada y la longitud del cauce principal es de 24 Km.

Para la identificación de la red hidrográfica de la subcuenca se determinaron los siguientes parámetros:

- **Pendiente media de la cuenca:** La pendiente media de la microcuenca el Cuá es de 17.58% y la de Bocaycito es de 17%. Por ser este un parámetro que define el relieve podemos deducir que con poca o nula cubierta vegetal los suelos de esta área podrían sufrir severos daños por erosión hídrica, ya que las altas precipitaciones junto con este grado de pendiente aceleran el arrastre de material de las capas superiores del suelo.
- **Elevación media de la cuenca:** La elevación media de la microcuenca el Cuá es de 605 m.s.n.m. y la de Bocaycito es de 574 m.s.n.m. esto nos demuestra que en ambas microcuencas la elevación del relieve por encima de la altura mínima es grande, razón por la cual es alto el valor de la elevación media. (ver gráfico 2, 3).

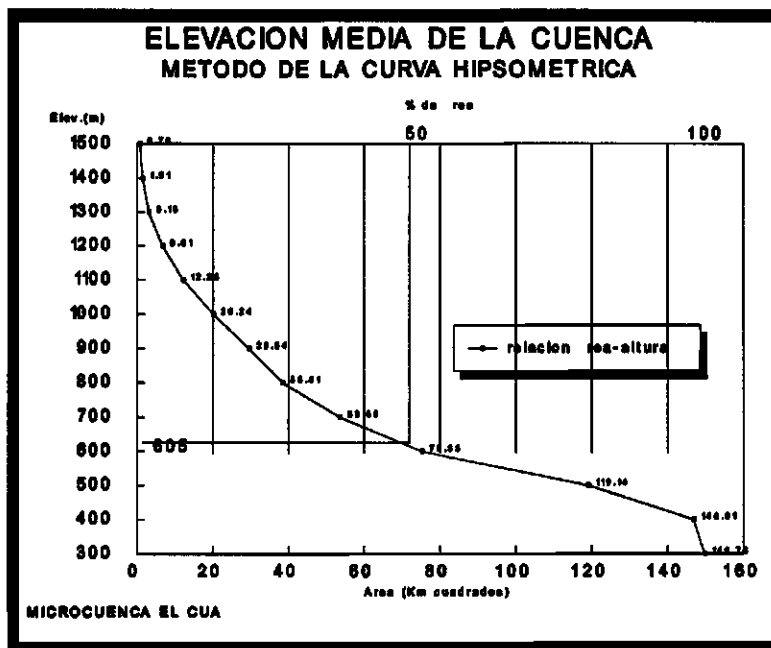


Gráfico # 2: Elevación media de la microcuenca el Cuá

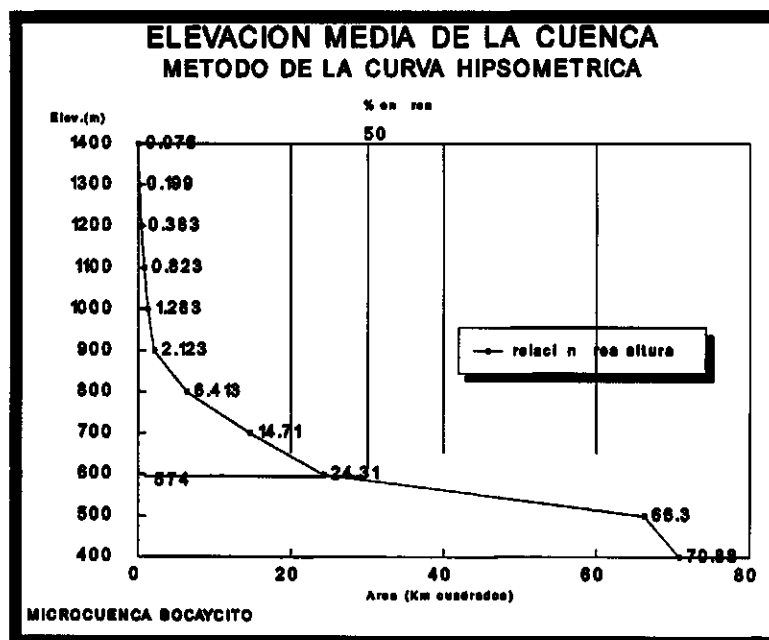


Gráfico # 3: Elevación media de la microcuenca de Bocaycito

- **Pendiente media del cauce principal:** La pendiente media del cauce principal para la microcuenca el Cuá es de 3.52% y 2.50% para la microcuenca de Bocaycito. Esto nos refleja que para ambas microcuencas la respuestas de los eventos lluviosos, respecto a la velocidad de flujo es "alto".

Tomando en cuenta los valores de elevación media de ambas microcuencas (605 y 574 mts) y la pendiente media del cauce para ambas microcuencas (3.52% y 2.50% respectivamente) con un desnivel de 1,000 mts nos refleja el alto potencial que existe en la subcuenca, además nos permite planificar el uso de la tierra en función de la altitud a la que se encuentra, existiendo estrecha relación entre elevación y las condiciones climáticas.

- **Orden de corriente:** La microcuenca el Cuá tiene orden de corriente 4 y 3 la de Bocaycito; indicando este valor que ambas microcuencas tienen "alto" grado de bifurcación del sistema de drenaje, por lo tanto es una red con un grado medio de madurez.
- **Densidad de corriente:** Encontramos 59 corrientes en el área de la microcuenca el Cuá lo que corresponde a una densidad de corrientes de $0.394 \text{ corrientes/Km}^2$, lo que nos indica que esta microcuenca es de alta densidad, o sea que posee una red hidrológica elevada, lo que demuestra el alto grado de eficiencia de drenaje de esta microcuenca.

La microcuenca Bocaycito tiene 11 corrientes por lo que le corresponde una densidad de corriente de $0.155 \text{ corrientes/Km}^2$, lo que demuestra, que la eficiencia de drenaje es menor que la microcuenca el Cuá.

- **Densidad de drenaje:** La longitud de las corrientes de la microcuenca el Cuá tiene aproximadamente 101.2 Km, lo que corresponde a una densidad de drenaje de 0.676 Km de drenaje/Km² la que se considera alta, lo que nos refleja que una gota deberá recorrer una longitud de ladera pequeña, realizando la mayor parte del recorrido a lo largo de los cauces donde la velocidad del escurrimiento es mayor; este dato nos refleja la longitud que un río puede tener por un área determinada y así poder hacer cálculo del aprovechamiento del recurso en un área específica.

La microcuenca de Bocaycito con longitud de sus corrientes de aproximadamente 35.2 Km tiene una densidad de drenaje de 0.497 km de corriente/Km². Aunque es de menor densidad que la del Cúa, se considera con densidad de media a alta.

Ambas microcuencas al tener densidad de drenaje de alto a medio poseen la ventaja que durante un evento, una gota deberá recorrer una longitud de ladera pequeña, realizando la mayor parte del recorrido a lo largo de los cauces donde la velocidad del escurrimiento es mayor.

- **Caudal pico o Caudal máximo:** Por la falta de información climática en la subcuenca, para la determinación de este parámetro se utilizó el Hidrograma Unitario Sintético, estos hidrogramas se denominan sintéticos por que no provienen de datos reales sino de formulaciones obtenidas utilizando datos de otras cuencas, por lo que se hizo necesario calcular las siguientes características:
- **Tiempo de concentración:** El tiempo de concentración para la microcuenca el Cuá es de 2.99 hrs. y para la microcuenca de Bocaycito es de 3.25 hrs.
- **Tiempo base:** El tiempo base o tiempo de escurrimiento directo es de 11.49 hrs. y 12.26 hrs. para la microcuenca el Cuá y Bocaycito respectivamente.

- **Tiempo pico:** En la microcuenca el Cuá el tiempo al pico es de 2.29 hrs. Refiriéndose al espacio de tiempo que tardan en ocurrir el máximo caudal. Para la microcuenca Bocaycito el tiempo pico es de 2.45 hrs. lo que significa que éste es el tiempo que tarda en producirse el máximo caudal.
- **Tiempo de letardo:** El tiempo de letardo en la microcuenca el Cuá es de 1.80 hrs. y para la microcuenca de Bocaycito el tiempo de letardo es de 1.95 hrs. valores que son considerados en el rango de bajos a medios por el bajo valor de el tiempo de concentración.

Después de obtener todos los parámetros para calcular el caudal máximo tenemos que; los caudales máximos a la salida de la cuenca son de $13.81 \text{ m}^3/\text{s}$ para la microcuenca el Cuá y $6.00 \text{ m}^3/\text{s}$ para la microcuenca de Bocaycito (ver gráfico 4 y 5). Es importante enmarcar el alto valor del caudal en la microcuenca el Cuá, el que podría ser de gran utilidad para los pobladores de ambas microcuencas y áreas vecinas.

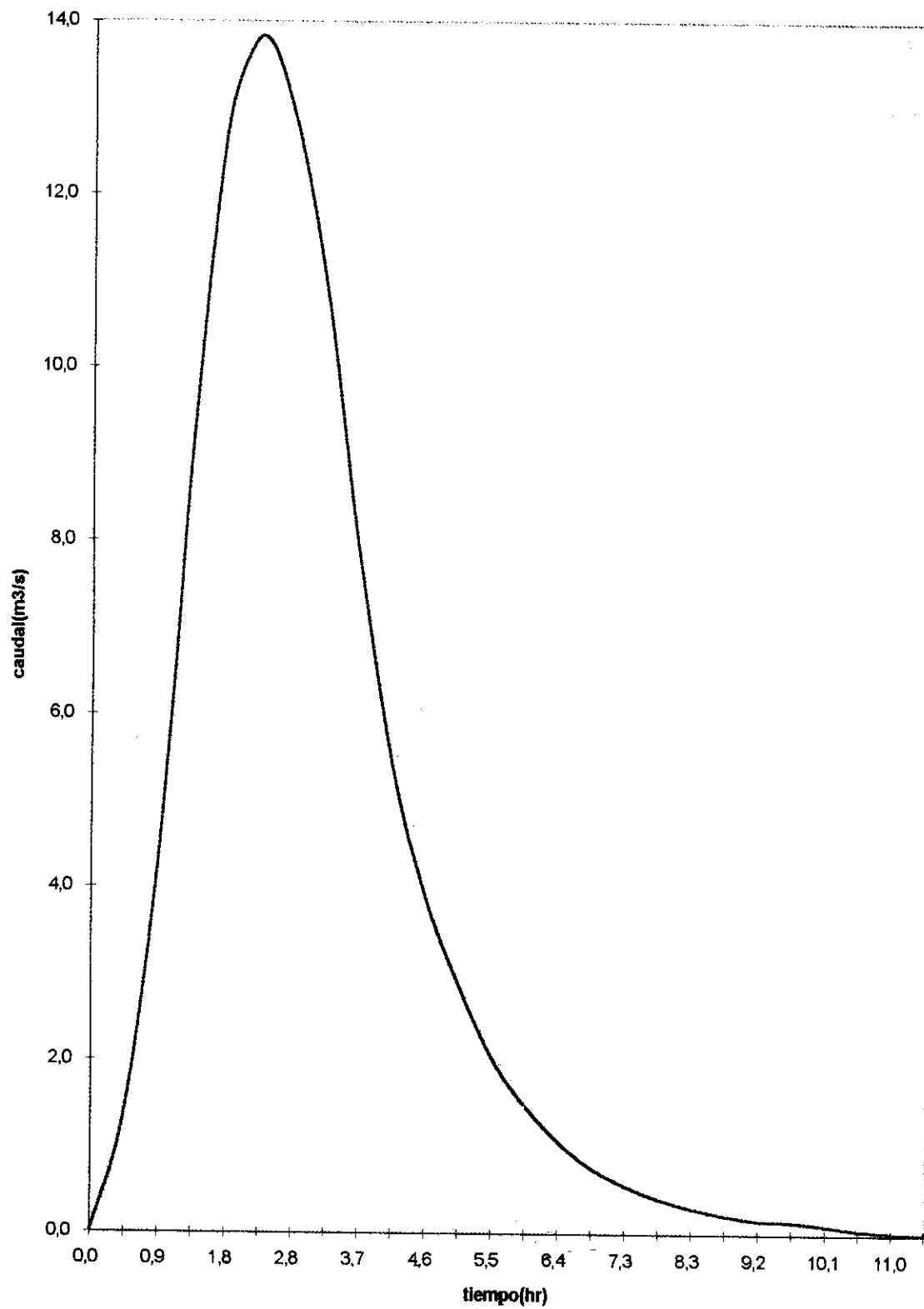


Fig. No.4 Caudal Pico de la microcuenca el Cuá

El área subutilizada en la microcuenca es Cuá es de 2.23% que equivale a un área de 3.34 Km², la microcuenca de Bocaycito ocupa un área de 4.35 Km² que equivale al 6.14% y la microcuenca de Los Pedernales ocupa un área de 0.34 Km² que corresponde al 2.82%, Esto se debe a la existencia de pequeñas áreas que se encuentra con bosque denso y ralos en suelos de clase IV.

Tabla # 14: Comparación de uso actual y capacidad de uso por extensión, según su localización. Cifras absolutas y relativas.

CATEGORIA	CUA		BOCAYCITO		PEDERNALES		TOTALES	
	AREA		AREA		AREA		AREA	
	Km ²	%	Km ²	%	Km ²	%	Km ²	%
SOBRE UTILIZADA	110.61	73.85	42.73	60.28	10.39	86.30	163.73	70.36
SUB UTILIZADA	3.34	2.23	4.35	6.14	0.34	2.82	8.03	3.45
BIEN UTILIZADA	35.83	23.92	23.80	33.58	1.31	10.88	60.94	26.19
TOTALES	149.78	100.00	78.88	100.00	12.04	100.00	232.70	100.00

(Ver mapa de comparación de uso actual y capacidad de uso del suelo # 8)

Tabla # 7: Caracterización Hidrológica de las microcuencas Cuá y Bocaycito

PARAMETROS	CUA	BOCAYCITO
Pendiente X de la Cuenca	17.58%	17%
Elevación X de la Cuenca	605 msnm	574msnm
Pendiente X del Cauce	3.52%	2.50%
Orden de la corriente	4	3
Densidad de la corriente	0.394corr/km ²	0.155corr/km ²
Densidad de drenaje	0.676km/km ²	0.497km/km ²
Tiempo base	11.49 hrs.	12.26 hrs
Tiempo de concentración	2.99 hrs	3.25 hrs
Tiempo de letardo	1.79 hrs	1.95 hrs
Tiempo pico	2.29 hrs	2.45hrs
Caudal pico	13.81 m ³ /s	6.00 m ³ /s
Forma de la microcuenca	Ovalada	Oblonga
Longitud total de drenes	101.2 Km	35.2 Km
Longitud cauce principal	25.55 Km	24 Km
Area de la microcuenca	149.78 Km ²	70.88 Km ²

- **Caudal máximo a la salida de la cuenca:** Además de calcular el caudal pico del hidrograma unitario para cada microcuenca, determinamos el caudal máximo a la salida de la cuenca para diferentes períodos de retorno. El cálculo se hizo con datos de precipitación de la estación meteorológica (55053) la Ermita, que aunque esta fuera de la subcuenca es la estación que se asemeja mayormente a las condiciones de altitud, está a menor distancia de la cuenca en relación a las otras estaciones, precipitación media anual (1,800mm).

Los cálculos se hicieron en base a períodos de retorno de 2, 5, 10, 25, 50 y 100 años resultando lo siguiente:

Este método estadístico refleja que al estudiar un tiempo determinado, las precipitaciones en ese período podrían ocasionar normalmente caudales menores o iguales a los calculados, pero difícilmente podría ser mayor (ver cuadro N°7).

Tabla # 8: Períodos de Retornos para Caudales Máximos de la Subcuenca Cuá-Bocaycito.

PERIODO DE RETORNO EN AÑOS	CAUDAL MAXIMO EN m ³ /s
2	77.36
5	107.28
10	127.09
25	152.12
100	189.12

La tabla # 8 nos refleja la probabilidad que cada 2 años ocurran caudal máximo de 77.36 m³/seg., y la probabilidad que ocurran caudales de 189.12 m³/seg. cada 100 años.

(Ver mapa de Red Hidrográfica # 2).

5.2 Suelos

5.2.1 Fisiografía

La Subcuenca Cuá-Bocaycito pertenece a la provincia geomorfológica "Tierras altas del Interior", se caracteriza por presentar cerros, montañas y lomas, que alcanzan hasta 75% de pendiente, además de algunos valles intermontanos y llanuras de montañas.

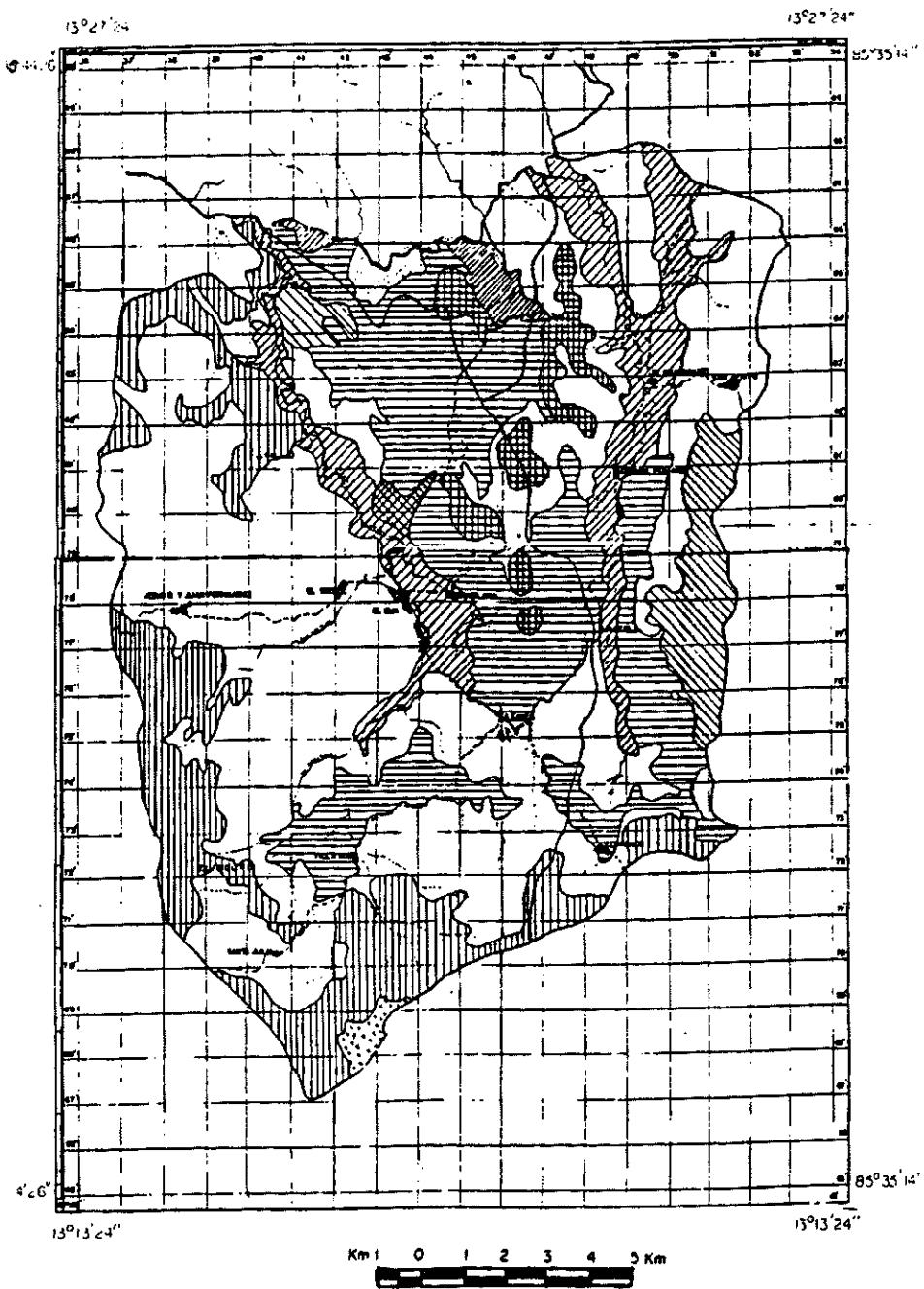
- **Planicie Fluvial:** Este sistema se caracteriza por estar rodeado de sistema de colina y estar formado por la acumulación de sedimentos arrastrados por ríos, con elevaciones que oscilan desde 300 msnm. hasta 500 msnm., con pendientes de 0 hasta 8%, ocupa un área de 19.57 Km², para un 8.41% del área total.
- **Planicie Coluvial:** Este sistema se caracteriza por presentar materiales depositados por acción de la gravedad, con elevaciones que oscilan desde 1200 msnm. hasta 1500 msnm. y pendientes de 4 a 8%, ocupa un área de 1.12 Km², para un 0.48% del área total.
- **Planicie Coluvio Aluvial:** Este sistema se caracteriza por presentar materiales depositados por acción del agua y la gravedad, con elevaciones que oscilan desde los 300 msnm. hasta los 500 msnm. y pendientes de 4 a 8%, ocupa un área de 1.20 Km², para un 0.52% del área total.
- **Altiplanicie Volcánica:** Este sistema se caracteriza por presentar deposiciones de origen volcánico en planicies encontradas en las áreas de mayor elevación de la cuenca, oscilando estas desde los 700 msnm. hasta 1200 msnm., con pendientes de 8-15%, ocupa un área de 11.28 Km², para un 4.85% del área total.

- **Sistema de Colinas:** Este sistema se caracteriza por presentar un conjunto de cerros de forma redondeada rodeada por algunas planicies, con elevaciones que oscilan desde los 300 msnm. hasta 700 msnm., con pendientes de 8-30%, ocupa un área de 49.08 Km², para un 21.09% del área total.
- **Colinas Escarpadas:** Este sistema se caracteriza por presentar colinas con pendientes muy fuertes mayores de 45%, elevaciones que oscilan desde 500 msnm. hasta 700 msnm., ocupa un área de 10.30 km², para un 4.43% del área total.
- **Sistema de Terrazas:** Es un sistema que se forma por la deposiciones de materiales o arrastre de ellos, dejando como resultado forma de planicie, relieve ondulado hasta relieve escarpado, de forma escalonado. Este sistema lo encontramos a orillas del río el Cuá, con pendientes de 30-45% y altitudes que oscilan desde los 300 a 500 mts. sobre el nivel del mar, ocupando un área de 1.40 Km², para un 0.60% del área total.
- **Sistema de Serranía:** Este sistema se caracteriza por encontrarlos en elevaciones que oscilan desde los 600 msnm. hasta 1000 msnm., con pendiente de 30-45% y ocupa la mayor parte del área de la subcuenca con 99.21 Km², para un 42.64% del área total.
- **Sistema de Montañas Escarpadas:** Este sistema se caracteriza por presentar un relieve muy accidentado, con elevaciones que oscilan desde los 1000 msnm. hasta 1500 msnm. y pendientes mayores de 45% Ocupa un área de 39.53 Km², para un 16.99% del área total.

Tabla # 9: Unidades fisiográficas por superficie, según su ubicación. Cifras absolutas y relativas.

Características Fisiográficas	El Cuá		Bocaycito		Pedernales		Total	
	Area		Area		Area		Area	
	Km ²	%	Km ²	%	Km ²	%	Km ²	%
Planicie Fluvial	6.30	4.21	11.15	5.73	2.12	17.61	19.57	8.41
Planicie coluvial	1.12	0.75	-	-	-	-	1.12	0.48
Planicie coluvio aluvial	-	-	-	-	1.20	9.97	1.20	0.52
Altiplanicie volcánica	1.68	1.12	9.61	13.56	-	-	11.29	4.85
Sistema de colinas	31.06	20.74	13.30	18.76	4.72	39.20	49.08	21.09
Colinas escarpadas	2.60	1.73	6.60	9.31	1.10	9.13	10.30	4.43
Sistema de Terrazas	1.40	0.93	-	-	-	-	1.40	0.60
Sistema de Serranía	72.34	48.30	23.97	33.82	2.90	24.09	99.21	42.63
Montañas escarpadas	33.28	22.22	6.25	8.82	-	-	39.53	16.99
TOTAL	149.78	100.00	70.88	100.00	12.04	100.00	232.70	100.00

Según datos de la Tabla # 9 podemos deducir que el 64.05% del área de la Subcuenca Cuá-Bocaycito presenta sistemas fisiográficos (montañas escarpadas, sistemas de serranía y colinas escarpadas), que se determinan de alto riesgo o susceptible al deterioro del suelo, lo que dependerá en gran medida de su uso, manejo, evolución de los mismos etc. Además encontramos otro sistema fisiográfico (planicie fluvial, planicie coluvial, planicie coluvio-aluvial, altiplanicie volcánica, sistema de terraza y sistema de colina), que ocupa el 33.95% del área de la Subcuenca, donde el suelo puede soportar mayor laboreo o presión por parte de la población. (Ver mapa fisiográfico # 3).



SIMBOLICA		
U S O S	AREA Km ²	%
	4908	2.09
	3933	16.99
	19 37	8.41
	1030	4.43
	99 21	42.63
	112	0.48
	11 29	4.85
	1 40	0.60
	1 20	0.52
	232 70	100

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
ESCUELA DE SUELOS Y AGUA
OPTO DE SUELOS

MAPA FISIOGRAFICO

REALIZADO: SIGRINO LICAL Y DAVID A. VARGAS
DISEÑADO: LUIS IGNACIO RODRIGUEZ
ELABORADO: E. ALFARO S.
ESCALA: 1:50 000

UBICACION: EL CUI SOCAYITO
MUESTRA: PROYECTO DE SUELOS Y AGUA (CUBIERTO)
AREA: 232 70 Km²
FECHA: 1980/08/04

3
10

5.2.2 Pendiente

La Subcuenca Cuá-Bocaycito presentan pendientes que corresponden con su fisiografía, ésta varía desde pendientes suaves (Planicies) hasta pendientes fuertes (Montañas Escarpadas).

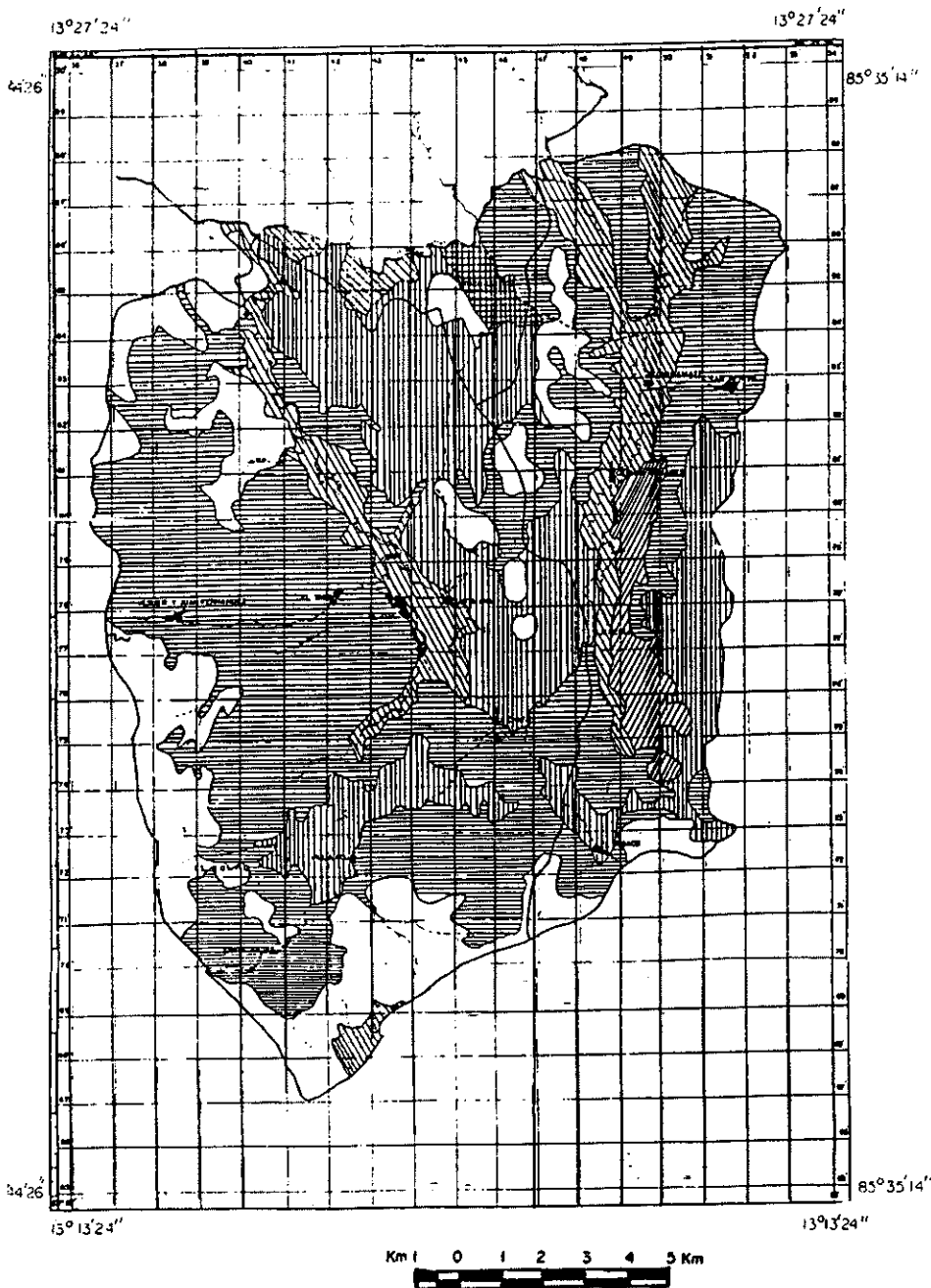
- **Pendiente "A" (0-2%):** Se caracteriza por ser de relieve plano a casi plano, se encuentra en los sistemas de planicie fluvial, ocupa un área de 21.61 Km², para un 9.29% del área total.
- **Pendiete "B" (2-4%):** Se caracteriza por ser de relieve ligeramente ondulado, se encuentra en los sistemas de planicie fluviales, ocupa un área de 1.15 Km² para 0.49% del área total. Siendo ésta la que ocupó menor cantidad de área en la subcuenca.
- **Pendiente "C" (4-8%):** Se caracteriza por ser de relieve ondulado, están ubicados en sistemas de planicie fluviales y coluviales, ocupando un área de 2.84 Km², correspondiente a 1.22% del área total.
- **Pendiente "D" (8-15%):** Es característico de relieve fuertemente ondulado, se encuentra en los sistemas de altiplanicies volcánicas y sistemas de colinas, ocupa un área de 50.64 Km², que corresponde el 21.76% del área total.
- **Pendiente "E" (15-30%):** Se caracteriza por ser de relieve colinado (generalmente presente en los sistemas de colinas), ocupa un área de 11.87 Km², para un 5.10% del área total.
- **Pendiete "F" (30-45%):** Característicos de los relieves escarpados, se encuentra en los sistemas de serranía y sistemas de terrazas, ocupa un área de 110.50 Km², para un 47.49% del área total, que corresponde al mayor área ocupada de la subcuenca, de aquí se parte una idea generalizada del tipo de cuenca que se estudia.
- **Pendiente "G" (45% - a más):** Se caracteriza por ser de relieve fuertemente escarpado, se encuentra en los sistemas de montañas escarpadas y colinas escarpadas (por ejemplo; El Macizo de Peñas Blancas), ocupando un área de 34.08 Km², para un 14.65% del área total.

Tabla # 10: Pendiente por superficie, según su ubicación. Cifras absolutas y relativas.

Parámetros de pendiente	El Cuá		Bocaycito		Pedernales		Total	
	AREA		AREA		AREA		AREA	
	Km ²	%	Km ²	%	Km ²	%	Km ²	%
A (0 - 2%)	7.16	4.78	13.25	18.70	1.20	9.97	21.61	9.29
B (2 - 4%)	-	-	-	-	1.15	9.55	1.15	0.49
C (4 - 8%)	1.65	1.10	-	-	1.19	9.88	2.84	1.22
D (8 - 15%)	29.32	19.57	17.05	24.05	4.28	35.55	50.65	21.77
E (15-30%)	-	-	11.87	16.75	-	-	11.87	5.10
F (30-45%)	78.45	52.38	28.71	40.50	3.34	27.74	110.50	47.49
G (45% +)	33.20	22.17	-	-	0.88	7.31	34.08	14.64
TOTAL	149.78	100.00	70.88	100.00	12.04	100.00	232.70	100.00

La tabla # 10 nos refleja que el 67.23% del área total presentan pendiente mayores del 15% lo que nos indica que esta área esta sujeta a la erosión hídrica, por lo consiguiente son suelos que pueden presentar alto grado de deterioro; encontrándose también un 32.77% del área de la Subcuenca que presentan suelos con pendientes menores del 15% a 0-2%, lo cual los ubica en suelos con menor riesgo de erosión.

(Ver mapa de pendiente # 4).



SÍMBOLO	PENDIENTE %	Area Km ²	%
	A" 10 - 21	21.61	9.29
	B" 2 - 4	1.15	0.49
	C" 14 - 81	2.84	1.22
	D" 18 - 151	50.65	21.77
	E" 115 - 301	11.87	5.10
	F" 130 - 451	110.5	47.49
	G" (45 at)	34.08	14.64
		232.70	100

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
ESCUELA DE SUELOS Y AGUA
DPTO. DE SUELOS

MAPA DE PENDIENTE

REALIZÓ: Sabrina Luel y Dando Arendale
DISEÑÓ: Ing. Ignacio Rodríguez
DIBUJÓ: E. Arriaga
ESCALA: 1:50,000

UBICACIÓN: El Cuzco, Desceyito
OBJETO: Proyecto Guerra y Medio Ambiente
ÁREA: 232.69 km²
FECHA: Diciembre, 1994

4
10

5.2.3 Factores de formación de suelos

Los factores de formación que actúan sobre los materiales parentales depositados por erupciones volcánicas son: Composición física y química del material original, clima, organismos, relieve y tiempo. Según Dockuchaev (1985), las características de los suelos en cualquier localidad particular se deben al efecto de estos factores, estos no actúan de forma aislada, sino que se interrelacionan para dar lugar a la formación de los suelos, en este proceso en dependencia de las condiciones que se presenten, un factor puede ejecutar mayor influencia que otro. De acuerdo a lo mencionado por Dockuchaev, se determinó que en el área de estudio el factor de formación de los suelos, de mayor influencia es el clima, caracterizado por altas precipitaciones y variaciones de temperatura.

5.2.4 Procesos de formación de Suelos

Los principales procesos de formación de suelo predominantes en la Subcuenca Cuá-Bocaycito son: Erosión Superficial, deposición y arrastre, eluviación e iluviación, gleyzación y lixiviación, que han actuado para formar suelos jóvenes o Entisoles, suelos maduros de fertilidad media o Alfisoles y suelos de maduros a seniles de baja fertilidad o Ultisoles.

- **Suelos jóvenes (Entisoles):**

A pesar que el material parental fue eruptado hace 13.8 * millones de años encontramos suelos en estado juvenil debido a que el relieve es de fuertes pendientes (mayores de 50%), que determina una alta tasa de escorrentía con mayor desgaste del suelo que la formación o génesis del mismo. Por otra parte podemos señalar que los suelos que se encuentran en áreas como el Macizo de Peñas Blancas, Cerro el Retorcido con bosque densos con material parental duro y casi inalterado por la meteorización (ceniza volcánica), son formados por la acumulación de materia orgánica (restos de plantas y animales), que da lugar a la formación de humus de poca profundidad (10 a 20 cm. aproximadamente).

En relieve planos y sistema de terrazas fluviales se trata de depósitos del cuaternario recientes por efectos de sedimentos depositado por los ríos de manera alternada en los diferentes períodos de inundación (durante todo el año). Estos suelos se han formado por sedimentos transportados y retrabajados, encontrándose en pendientes suaves de 0 a 3 %.

También se encuentran en paisajes de colinas redondeadas, con pendientes moderadamente escarpadas de 25 - 30 %, lo que permite la erosión de los suelos ayudado de la pobre capa vegetal existente (como pastos naturales), y las precipitaciones abundantes dando lugar así a la formación de estos suelos. El material parental encontrado en estos sistemas de tierra son ignimbrita y cenizas volcánicas. En estos suelos los procesos que actuaron son Erosión superficial, deposición y arrastre

- **Suelos maduros (Alfisoles):**

Los suelos maduros se han formado a partir de ignimbrita, perteneciente a la formación coyol con $13.8 \cdot 10^6$ de años, con relieve de colinas suaves (15 - 30%), de colinas escarpadas (30 - 50%) y en planicies circundada por escarpe con topografía ondulada (3 - 6%), la influencia de la roca es determinante al impedirse el lixiviado parcial de bases mediante la acción protectora de la sílice de la ignimbrita, que evita y protege como capa impermeable al lavado de las bases.

El factor predominante en este orden de suelo es el clima húmedo sub-tropical. Una característica común en estos suelos es la altitud, ya que no se encontraron por debajo de los 600 m.s.n.m. predominando en altitudes de 900 y 1000 m.s.n.m.; ubicados en áreas boscosas o lugares donde hace poco tiempo existían bosques. Son suelos profundos con alto contenido de arcilla y húmedo en todo el perfil.

En nuestra área de estudio, los procesos predominantes para la formación de suelos de orden Alfisol son:

- * Concentración de arcilla en el horizonte Bt .
- * Eluviación de arcilla inicial en el horizonte A.
- * Iluviación de la arcilla al horizonte Bt.
- * Lixiviación de materiales (bases) de tal manera que el horizonte A queda más agotado.

Para que los suelos de este orden hayan alcanzado esta fase de desarrollo debieron ocurrir las siguientes procesos de formación que son: Eluviación-Iluviación y Gleyzación.

• **Suelos maduros a seniles (ULTISOLES):**

Estos suelos se han formado a partir de basalto (que está compuesto de minerales como de plagioclasas cálcicas, olivino, augita y óxidos de hierro) depositado hace $13.8 \cdot 10^6$ años, éstas tienen poca relación con la composición actual del suelo porque como se dijo anteriormente son suelos maduros a seniles.

Según Boul et al.(1981), los suelos más antiguos y extremadamente intemperizados, tienen poca influencia del material inicial, a menos que tenga una composición extrema, como la de la arena de cuarzo estéril, también por que este material es fácilmente intemperizable (principalmente los minerales como augita y olivino) por la alta hidrólisis que este presenta.

Los suelos de esta zona se encuentran en relieve de sistemas de colinas redondeadas (0 - 15%), se encuentra presente la lixiviación parcial de bases (K, Na, Mg, Ca), presentando menos de 35% de saturación de bases.

5.2.5 Clasificación Taxonómica de Suelos

Los suelos del área fueron clasificados taxonómicamente según el sistema de Clasificación del USDA 1990. Encontrándose los Ordenes Siguietes:

i) Orden Entisoles :

Este orden se distingue por presentar poca o ninguna evidencia de desarrollo de horizontes medios, muchos no tienen horizonte alguno debido a su juventud, pendientes pronunciadas como en el cerro El Retorcido, Macizo de Peñas Blancas), presentan erosión activa y deposiciones de materiales en la planicie aluvial en el área de El Trébol (a orillas del río Cuá).

Los Entisoles desarrollan perfiles con horizontes *A/R*, son comunes en zonas montañosas, que se caracterizan por presentar un epipedón ócrico sobre un lecho rocoso. Muchos suelos profundos y productivos fueron alguna vez Entisoles y en cierto sentido, esos suelos pueden haber sido transitorios en el desarrollo de perfiles bien diferenciados.

Los perfiles con secuencia "A-C" se caracterizan por presentar un epipedón ócrico o móllico sobre un horizonte "C".

La fragmentación de los horizontes de diagnósticos debido a la manipulación de los suelos por los seres humanos pueden crear perfiles sin horizontes de diagnósticos.

Generalmente el Sub - Orden Orthents encontrados en la subcuenca Cuá - Bocaycito son suelos inestables debido a la severa erosión que impiden se desarrollen perfiles más diferenciados.

Los procesos de formación están hasta ciertos límites, pero sus efectos no son suficientes para producir características diagnósticas reconocidas en otros suelos.

La saturación con agua o inundación del suelo durante períodos suficientemente grandes inhiben el desarrollo del horizonte o sea dentro del suelo, por grandes partes del año se encuentran condiciones anaeróbicas y frena los procesos edafogenéticos.

Estos suelos se encuentran ubicados desde montañas escarpadas (Macizo de Peñas Blancas) hasta Sistemas de Colinas (Cercano al Valle del Cuá), Bajo condiciones de Clima Trópico húmedo, con régimen de humedad údico, presentando material resistente a la meteorización como el cuarzo.

Algunos suelos por presentar poca profundidad y por encontrarse en pendientes pronunciadas se hace necesario que tengan un manejo adecuado. Además existen otros suelos que presentan una profundidad un poco mayor y se encuentran en pendientes suaves 2 - 5 %. Este orden de suelo ocupa el 46.40% del área total de la subcuenca cubriendo 107.97 Km² aproximadamente.

1. Sub-Orden: **Orthents** porque presenta las características típicas de los verdaderos Entisoles.
 - Gran grupo: **Udorthents** porque tienen un régimen de humedad údico, es decir que se localizan en zonas húmedas con buena distribución de lluvias en el año, de tal manera que la humedad del suelo es igual o mayor a aquella que se pierde por evapotranspiración; esto implica que la sección de control de humedad no está seca en cualquier parte durante 90 días (acumulados)
 - Sub-grupo: **Typic Udorthents** porque no presentan intergradaciones con ningún otro Sub-grupo, una profundidad efectiva en el perfil (A-C) mayor de 50 cm. Estos suelos ocupan el 1.02% del área total de la subcuenca, que corresponde a 2.37 Km².

- Sub-grupo: **Lithic Udorthents** porque tienen un contacto lítico que es el límite entre el suelo y un material subyacente coherente dentro de los 50 cm. de la superficie del suelo. Estos suelos ocupan un área de 95.70 Km² que equivale al 41.13% del área total.
2. Sub-Orden: **Psamments** porque son Entisoles que tienen una textura arena francosa fina o más gruesa en todos los sub-horizonte.
- Gran grupo: **Udipsamments** porque son Psamments que presentan un régimen de humedad údico, se localizan en zonas con buena humedad, lo que implica que la sección de control de humedad no está seca en cualquier parte durante 90 días (acumulados).
 - Sub-grupo: **Typic Udipsamments** porque son suelos que presentan las propiedades de diagnóstico del Orden, Sub-orden y el Gran grupo están claramente expresadas, es decir que estos suelos no presenta intergradaciones entre otros Sub-grupos. Estos suelos ocupan un área de 9.90 km² que corresponde al 4.25%.

ii) Orden Alfisoles :

Los Alfisoles son suelos con horizontes superficiales de gris a café, horizontes argílicos y una saturación de bases de media a alta por suma de cationes; es de 35 a 50% a una profundidad de 1.5 m bajo la parte superior del horizonte arcilloso o sea 1.8 m bajo la superficie.

Las aguas de infiltración lavan partículas de arcilla de los horizontes "A" y los depositan en los horizontes "B", llamándose así horizonte Bt (t= arcilla) cuando éste tiene al menos 20 % más de arcilla que el horizonte "A" superficial, se admite el calificativo de argílico; la formación de este horizonte argílico requiere material materno que contenga arcilla o que se intemperice al formarla. Al parecer se necesitan períodos alternos de mojaduras y secaduras.

Estos suelos se desarrollan en una topografía de plana a ondulada, en paisajes de colinas con pendientes pronunciadas, se desarrollan en zonas climáticas húmedas y subhúmedas. Este Orden ocupa un área de 27.08% que corresponde a 63.02 Km².

1. Sub-Orden: **Aqualfs** porque presentan un régimen de humedad ácuico, que corresponde a suelos saturados con agua o están artificialmente drenados y que tienen características asociadas con humedad, nominalmente, moteados o concreciones de hierro.
 - Gran grupo: **Ochraqualfs** porque son suelos que presentan un régimen de humedad ácuico, es decir que están saturados con agua y un horizonte óchrico ya que en el horizonte superficial es de color claro.
 - Sub-grupo: **Vertic Ochraqualfs** porque presentan grietas, en la mayoría de los años de 1 cm. o más de ancho a una profundidad de 50 cm. y al menos 30 cm. de longitud en algunas partes y se extienden hasta la superficie. Estos suelos ocupan un área de 5.35% que corresponde a 12.46Km².
2. Sub-Orden: **Udalfs** porque se encuentran en un régimen de humedad údico se localizan en zonas húmedas con buena distribución de lluvias e implica que la sección de control de humedad no está seca en cualquier parte durante 90 días.
 - Gran grupo: **Hapludalfs** porque presentan las condiciones mínimas para que pertenezcan a éste orden.
 - Sub-grupo: **Ultic Hapludalfs** porque presentan una saturación de bases de 60% menos a una profundidad de 125 cm. abajo del límite superior del horizonte argílico, este horizonte presenta una capa iluviada de arcilla a 180 cm. bajo la superficie del suelo. Estos suelos ocupan el 19.88% que corresponde a 46.27 Km².
 - Sub-grupo: **Vertic Hapludalfs** porque presentan grietas en la mayoría de los años que son de 1 cm. o más de anchura a la profundidad de 50 cm. y de al menos 30 cm. de longitud en alguna parte y se extiende a la superficie o a la base de un horizonte Ap. Estos suelos ocupan un área de 1.84% que equivale al 4.29 Km²

iii) Orden Ultisol :

Estos suelos se caracterizan por presentar una fertilidad relativamente baja como consecuencia de la intensa meteorización, por poseer pocos minerales intemperizables que liberan bases por la acción de lavado; es muy frecuente encontrar la presencia de horizonte "A" franco arenoso sobre un horizonte "B" argílico. Presenta una saturación de bases menor del 35% , con una profundidad efectiva del perfil de 1.25 mts. Además presenta límites graduales de horizonte que es característicos de este orden.

Son suelos profundos rojos o amarillos, están fuertemente alterados y muy desaturados, la superficie está cubierta por una capa delgada de hojarasca por lo que puede quedar expuesto como suelo desnudo.

Estos suelos se encuentran en zonas forestales y no forestales (bosques latifoliados y pastizales). El relieve es muy variable desde plano, ligeramente ondulado a ondulado con pendientes desde 0 o más de 50 %. Este Orden presenta un área de 61.71 Km² con un porcentaje de 26.52%.

1. Sub-orden: **Udults** porque se encuentra dentro de un régimen de humedad údico, es decir que la sección de control de humedad no está seca en cualquier parte durante 90 días (acumulados).
- Gran grupo: **Rhodudults** porque son Ultisoles que presenta un horizonte argílico, en este horizonte se encuentra una capa de arcilla iluviada, formada debajo de un horizonte eluvial; con colores que tienen un value en seco, de menos de 5 y no más de una unidad más del value, húmedo.
- Sub-grupo: **Typic Rhodudults** porque no presentan intergradaciones con otro Sub-grupo. No tienen una textura franco arenosa fina o más gruesa a través del horizonte argílico que es el horizonte que presenta una capa de arcilla iluviada. Estos suelos ocupan un área de 1.79% que corresponde a 4.16 Km²

- Gran grupo: **Kandiudults** porque tiene una CIC efectiva de 12 (+) cmol. por kg. de arcilla en la mayor parte del horizonte argílico es decir el horizonte iluviado, y no tiene un contacto lítico, paralítico o petroférico continuo y coherente dentro de los 150 cm. de la superficie del suelo.
- Sub-grupo: **Rhodic Kandiudults** porque tienen a través del horizonte argílico, colores con un hue de 2.5 YR o mas rojizo, un value en húmedo, de 3 o menos y un value, seco que es mayor de una unidad o menos más alto que el value en húmedo. Estos suelos ocupan un área de 15.09% que corresponde a 35.11 Km²
- Sub- grupo: **Andic Kandiudults** porque presentan una densidad aparente de fracción de dimensión de 2 mm.; medida a una tensión de humedad de 33 KPa. de 1 g/cm³ o menos. Estos suelos ocupan un área de 15.87 Km² que corresponde al 6.82%.

Existe una asociación de suelos compuesta por Rhodic Kandiudults y Lithic Udorthents, la cual ocupa un área de 6.57 Km² que corresponde al 2.82%.

Tabla # 11: Ordenes de suelos por extensión, según su localidad.

Cifras absolutas y relativas.

ORDEN SUBGRUPO	CUA		BOCAYCITO		PEDERNALES		TOTALES	
	Area		Area		Area		Area	
	Km²	%	Km²	%	Km²	%	Km²	%
ENTISOLES	81.65	54.51	17.32	24.44	9.00	74.75	107.97	46.40
Elu	69.38	46.32	17.32	24.44	9.00	74.75	95.7	41.13
Etu	2.37	1.58	-	-	-	-	2.37	1.02
Etups	9.90	6.61	-	-	-	-	9.90	4.25
ALFISOLES	18.80	12.55	41.18	58.10	3.04	25.25	63.02	27.08
Avo	-	-	9.42	13.29	3.04	25.25	12.46	5.35
Auh	14.51	9.69	31.76	44.81	-	-	46.27	19.88
Avh	4.29	2.86	-	-	-	-	4.29	1.84
ULTISOLES	49.33	32.93	12.38	17.46	-	-	61.71	26.52
Uak	11.77	7.86	4.10	5.78	-	-	15.87	6.82
Utr	-	-	4.16	5.87	-	-	4.16	1.79
Urk	30.99	20.69	4.12	5.81	-	-	35.11	15.09
Urk + Elu	6.57	4.38	-	-	-	-	6.57	2.82
TOTALES	149.78	100.00	70.88	100.00	12.04	100.00	232.70	100.00

Según la tabla # 11 el Orden Entisoles ocupa la mayor área de la Subcuenca con 46.40%, lo que nos refleja que predominan los suelos de alto riesgo de erosión, de baja fertilidad natural, poca profundidad efectiva y que se deben manejar con sistemas adecuados para evitar su degradación. Seguido por el Orden Alfisoles que ocupa el 27.08% del área total de la Subcuenca, este orden es de fertilidad media, mayor profundidad y con ciertas características que proporcionan un uso más amplio para la agricultura. La menor área de la Subcuenca la ocupan los Ultisoles con 26.52% del área total, que son suelos de baja fertilidad natural por ende hay que tener mayor cuidado en el empleo de los sistemas a utilizar.

5.2.6.- Uso actual del suelo

Es necesario mencionar que al momento de determinar áreas de uso actual nos encontramos áreas bastante pequeñas por lo que no es posible cartografiar en la escala de trabajo razón por la cual utilizamos asociaciones de áreas adjuntas y pequeñas, ubicando primero el uso que ocupe mayor área.

En la subcuenca el Cuá-Bocaycito el mayor porcentaje de área se encuentra cubierto con pastos más cultivos anuales ocupando el 22.40% y en menor uso el bosque ralo más cultivos perennes, ocupando el 1.37%.

En la microcuenca el Cuá el 24.06% de su área total esta cubierto de cultivos anuales como; frijol, maíz, arroz, sorgo, millón, el 21.66% y 12.30% de bosque densos y bosques ralos respectivamente, en ambos predominan árboles como: Cedro macho (Carapa guianensis), Guaba (Inga sp), Majague (Eliocarpus appendiculatus), Comenegro (Dialium guianense), Madero Negro (Gliricidia sepium), Ojoche (Brosimum alicastrum), Granadillo (Dalbergia tucurensis), Maria (Calophyllum brasiliensis), Guayabo (Terminalia oblonga), Areno (Laetia thamnia), Acasia (Cassia siamea); el 5.94% de la microcuenca esta cubierto de Pastos naturales y mejorados predominando los primeros, y ocupando un pequeño porcentaje de área están los bosque ralo más cultivos perennes con un 2.14%.

En la microcuenca de Bocaycito se encuentra el mayor porcentaje del área total ocupado de pasto más cultivos anuales con un 36.60%, el 7.53% lo ocupan solamente los pastos, el 7.51% del área total está ocupada con cultivos anuales, el 16.97% del área se encuentran cubierto de bosques densos y ocupando el menor porcentaje de área están el bosque ralo con un 4.40%.

En la microcuenca de los Pedernales encontramos que el mayor porcentaje de área está ocupado con pastos más cultivos anuales que representa el 49.42%, el 11.79% y 7.64% está ocupado por bosque ralo y bosque denso respectivamente, y el menor porcentaje de área lo ocupan los cultivos perennes más pasto con 1.00%.

Es necesario aclarar que las misma diversidad de especies tanto cultivadas como de hábito natural o silvestre son similares en las microcuencas estudiadas.

Los datos resultantes del uso actual del suelo demuestran la intensidad de demanda de los agricultores para el uso agrícola y pecuario del suelo y también el aumento de la frontera agrícola por usar el sistema de trabajar las tierras en un período de 3 a 5 años y luego de este período utilizar nuevas tierras o sea tierras vírgenes donde obtienen elevados rendimientos los 2 primeros ciclos, lo que es producto de el alto contenido de nutrientes que estos poseen.

Tabla # 12: Tipos de Uso Actual por extensión, según su localidad. Cifras absolutas y relativas.

TIPOS DE USOS	CUA		BOCAYCITO		PEDERNALES		TOTALES	
	AREA		AREA		AREA		AREA	
	Km ²	%	Km ²	%	Km ²	%	Km ²	%
CA	36.04	24.06	5.32	7.51	1.38	11.46	42.74	18.37
BD	32.45	21.66	12.03	16.97	0.92	7.64	45.40	19.51
P+CA	20.24	13.51	25.94	36.60	5.95	49.42	52.13	22.40
CA+BR	12.33	8.23	13.23	18.67	-	-	25.56	10.98
BR+CA	6.70	4.47	-	-	-	-	6.70	2.88
BR	18.42	12.30	3.12	4.40	1.42	11.79	22.96	9.87
CP	4.50	3.00	5.90	8.32	1.05	8.72	11.45	4.92
CP+BR	3.40	2.28	-	-	-	-	3.40	1.46
BR+CP	3.20	2.14	-	-	-	-	3.20	1.37
P	8.90	5.94	5.34	7.53	1.20	9.97	15.44	6.64
CP+P	3.60	2.40	-	-	0.12	1.00	3.72	1.60
TOTALES	149.78	100.00	70.88	100.0	12.04	100.0	232.70	100.0

CA = Cultivos anuales.

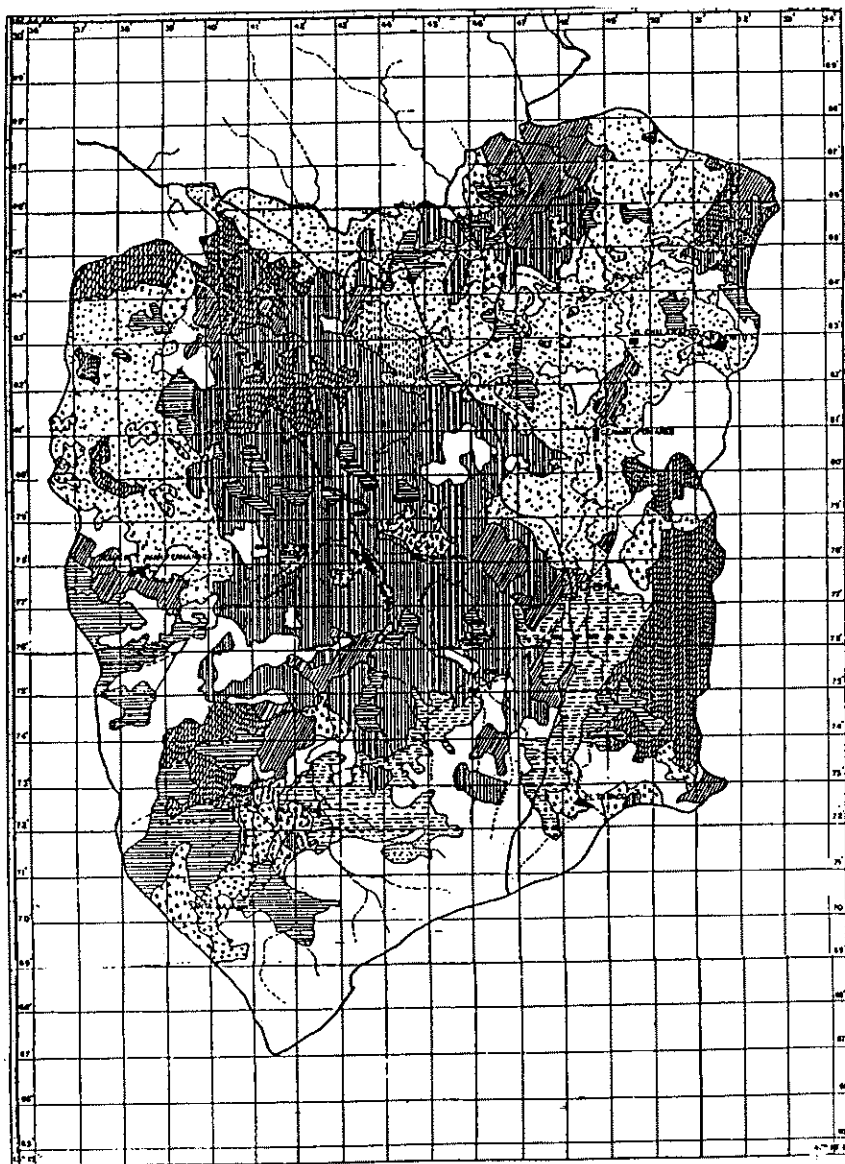
CP = Cultivos perennes.

P = Pastos.

BR = Bosques Ralo.

BD = Bosques Denso

(Ver mapa de uso actual del suelo # 6)



Km 0 1 2 3 4 5 Km

SIMBOLOGIA		Area Km ²	%
	Cultivos anuales	42.74	18.37
	Bosque denso	45.40	19.51
	Pasa + Cultivos anuales	52.13	22.40
	Bosque ralo + cultivos anuales: predominando el bosque ralo.	6.70	2.88
	Cultivos anuales + bosque ralo; pre. dominando los cultivos anuales	25.56	10.98
	Bosque ralo	22.96	9.87
	Cultivos Perennes	11.45	4.92
	Cultivos Perennes + bosque ralo; pre. dominando los cultivos perenne	3.40	1.46
	Bosque ralo + cultivos perenne; predominando el bosque ralo.	3.20	1.37
	Pisos	15.44	6.64
	Cultivos Perennes	3.72	1.60
	Pabellón	232.70	100



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
ESCUELA DE SUELOS Y AGUA
DPTO. DE SUELOS

CONTENIDO

MAPA DE USO ACTUAL

REALIZADO: Sabrina Leal y Danilo Avendaño

REVISADO: Ing. Ignacio Rodríguez

DISEÑADO: E. Avila

ESCALA: 1:50 000

UBICACION:

El Cuz' Bacoyito

SUBITO: Proyecto Guerra y Medio Ambiente

AREA: 220.66 Km²

FECHA: Diciembre, 1994

6

10

5.2.7 Capacidad de uso de los Suelos

La capacidad de uso de los suelos esta relacionada con el tipo de suelo y la pendiente, según la clasificación de uso de la tierra. USDA. (1,965).

Las clases de capacidad oscilan entre I a VIII basado en las consideraciones de las características físico-químicas de los suelos y de las que significan limitaciones o restricciones al uso, por que afectan la naturaleza productiva del suelo, su conservación y su rentabilidad económica, como también el universo de adaptabilidad de los cultivos. En el área estudiada encontramos clases de capacidad de IV a VIII.

5.2.7.1 Descripción de Clases de Capacidad de acuerdo a subgrupos taxonómicos, encontrados en la Subcuenca Cuá - Bocaycito

Clase IV

En esta clase encontramos a los subgrupo **Ultic Hapludalfs, Rhodic Kandiudults, Vertic Ochraqualfs, Typic Udipsamments**, presenta limitaciones muy severas que restringen la elección de plantas y requieren un laboreo muy cuidadoso.

Son suelos aptos para vegetación permanente, pero que pueden ser cultivados ocasionalmente o en forma limitada si se manejan con gran cuidado; sujetos a severas limitaciones permanentes o riesgos, cuando se usan para los cultivos. Cuando estos suelos son cultivados se requieren cuidadosas prácticas de manejo y de conservación, que son difíciles de aplicar y de mantener. En ellas el agricultor puede usar correctamente una rotación larga, granos cada 5 o 6 años, seguida por varios años de pastos. Esta clase ocupa un porcentaje de área de 10.99%, el cual equivale a 25.58 Km².

Estos suelos pueden ser usados para cultivos agrícolas, pastos, árboles y sitios de vida silvestre.

El uso de cultivos agrícolas es limitado como un resultado de los efectos de una o más de las características permanentes tales como:

- i) Pendientes muy pronunciadas
- ii) Baja fertilidad natural.
- iii) Susceptibilidad severa a la erosión por el agua

Clase V

En esta clase encontramos a los subgrupos **Vertic Ochraqualfs**, que son tierras muy buenas para pastos, bosques o vida silvestre, con pocas o sin limitaciones permanentes o riesgos en el uso.

Cuando se use para forestales se necesitará siempre vigilancia o prácticas de manejo de bosques tales como rozas adecuadas y control de las quemas para obtener producciones satisfactorias. El porcentaje de área de esta clase es de 10.51%, el cual equivale a 24.45 Km².

Donde la vegetación ha sido agotada temporalmente, se requerirán moderadas restricciones en el pastoreo o corte de árboles por un período de tiempo necesario para restaurar la vegetación.

Los cultivos no son posible a causa de las siguientes limitaciones solas o combinadas:

- i) Humedad excesiva o inundación.
- ii) Presencia abundante de piedras en la superficie.
- iii) Limitaciones climaticas (altas precipitaciones).

Clase VI

En esta clase encontramos a los subgrupos **Andic Kandiodults**, **Rhodic Kandiodults**, **Ultic Hapludalfs** presentan limitaciones severas que los hacen generalmente inadecuados para cultivos anuales y limitan su uso principalmente para pastos, árboles y vida silvestre. El porcentaje de área de esta clase es de 9.82% y equivale al 22.85 Km².

Estos suelos tienen limitaciones continuas que no pueden ser corregidas tales como:

- i) Humedad excesiva o inundación.
- ii) Pendientes suaves a muy pronunciadas.
- iii) Susceptible a la erosión severa, efectos de erosión pasada.
- iv) Baja fertilidad natural

Clase VII

En esta clase encontramos los subgrupos **Ultic Hapludalfs**, **Typic Udorthents**, **Typic Rhododults** y **Vertic Hapludalfs**, que tienen limitaciones muy severas, que lo hacen inadecuado para cultivos anuales y restringen su uso fundamentalmente al pastoreo, bosques o vida silvestre. El porcentaje de área de esta clase es de 11.96% y equivale a 27.84 Km².

Las condiciones físicas de los suelos de la clase VII son tales, que es impráctico aplicar aquellas medidas que fueron mencionadas para los suelos de la clase VI.

Esta clase presenta las siguientes limitaciones solas o combinadas:

- i) Erosión.
- ii) Pendientes muy pronunciadas.
- iii) Suelos mal drenados.

- iv) Suelos superficiales.
- v) Presencia de piedras.
- vi) Baja fertilidad natural.

Clase VIII

En esta clase encontramos a los subgrupos **Lithic Udorthents, Rhodic Kandiudults, Ultic Hapludalfs, Andic Kandiudults**, la forma del terreno en esta clase tienen limitaciones que indican que su uso para cultivos comerciales está excesivamente restringido y que solamente deben ser usados para recreación, vida silvestre o abastecimiento de agua, y aún también para propósitos estéticos. El porcentaje de área que tiene esta clase es de 56.72% que equivale a 131.98 Km².

Las limitaciones que no pueden ser corregidas pueden resultar de los efectos de una de las siguientes características:

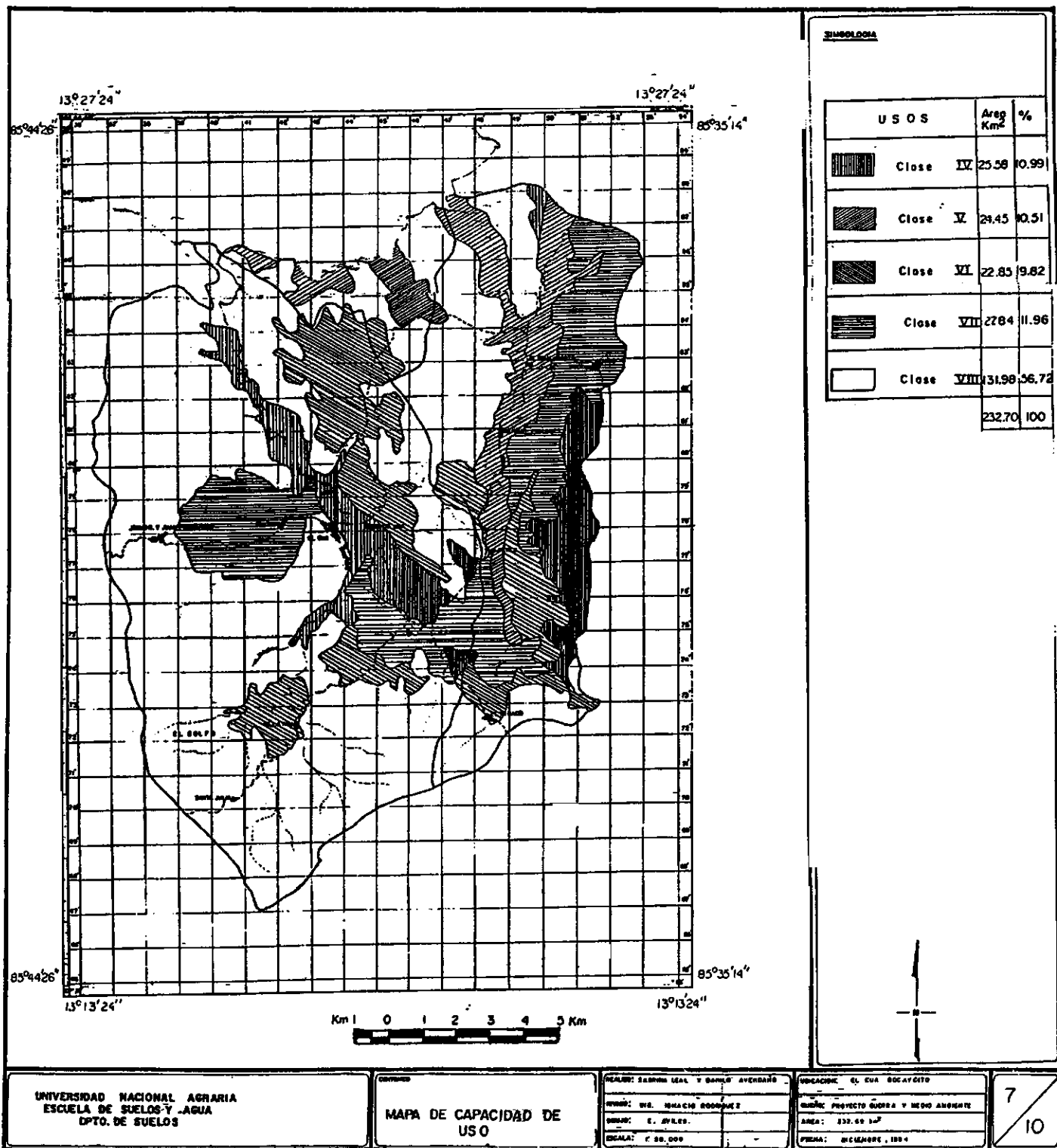
- i) Erosión severa.
- ii) Baja fertilidad natural.
- iii) Piedras en la superficie.
- iv) Pendientes bien pronunciada

Tabla # 13: Clases de Capacidad por superficie, según su ubicación. Cifras absolutas y relativas.

CLASES DE CAPACIDAD	CUA		BOCAYCITO		PEDERNALES		TOTALES	
	AREA		AREA		AREA		AREA	
	Km ²	%	Km ²	%	Km ²	%	Km ²	%
IV	14.58	9.73	11.00	15.52	-	-	25.58	10.99
V	4.33	2.89	16.70	23.56	3.42	28.40	24.45	10.51
VI	18.95	12.65	3.08	4.34	0.82	6.81	22.85	9.82
VII	9.64	6.44	18.20	25.68	-	-	27.84	11.96
VIII	102.28	68.29	21.90	30.90	7.80	64.78	131.98	56.72
TOTALES	149.78	100.00	70.88	100.0	12.04	100.0	232.70	100.00

La tabla # 13, refleja que el 78.50% del área total de la Subcuenca Cuá-Bocaycito esta sujeto a limitaciones severas como son pendiente muy pronunciada, susceptibles a la erosión y baja fertilidad (clase VI, VII, VIII), que marginan el uso del suelo para la actividad agrícola. También existe un menor área de 17.73% donde las limitaciones para el uso agrícola es menos severa, pero se debe implementar técnicas adecuadas, para evitar su degradación.

(Ver mapa de capacidad de uso # 7).



5.2.8 Comparación de uso actual y capacidad de uso

Al realizar la comparación de uso actual de los suelos y su capacidad de uso, se determinó que hay áreas en la subcuenca Cuá-Bocaycito que están **sobreutilizadas**, **subutilizadas** y áreas con uso **óptimo**, esta clasificación se hace tomando como guía el uso sostenible de los suelos.

El área **sobreutilizada** en la microcuenca Cuá es de 110.61 Km² con porcentaje de 73.85%, la microcuenca de Bocaycito ocupa un área de 42.73 Km² que corresponde al 60.28% y la microcuenca de Los Pedernales ocupa un área de 10.39 Km² que corresponde al 86.30%. Esta caracterización de los suelos se debe principalmente a que la mayoría de los cultivos anuales se encuentran en suelos de clase IV, VI, que restringen su uso en menor o mayor grado, también se debe a que algunos cultivos perennes como Café, Musáceas, Cítricos; Bosques ralos, están ubicado en la clase VIII en las que el uso de éstos es inadecuado.

El área que se encuentra con **uso óptimo** en los suelos de la subcuenca Cuá - Bocaycito es principalmente los suelos que con capacidad de uso para reservas forestales están cubiertos con bosque denso, y otras áreas que con clase de capacidad de VI, IV se encuentran cubierto de bosque ralos, cultivos perennes y asociaciones de cultivos perennes con sombra densa.

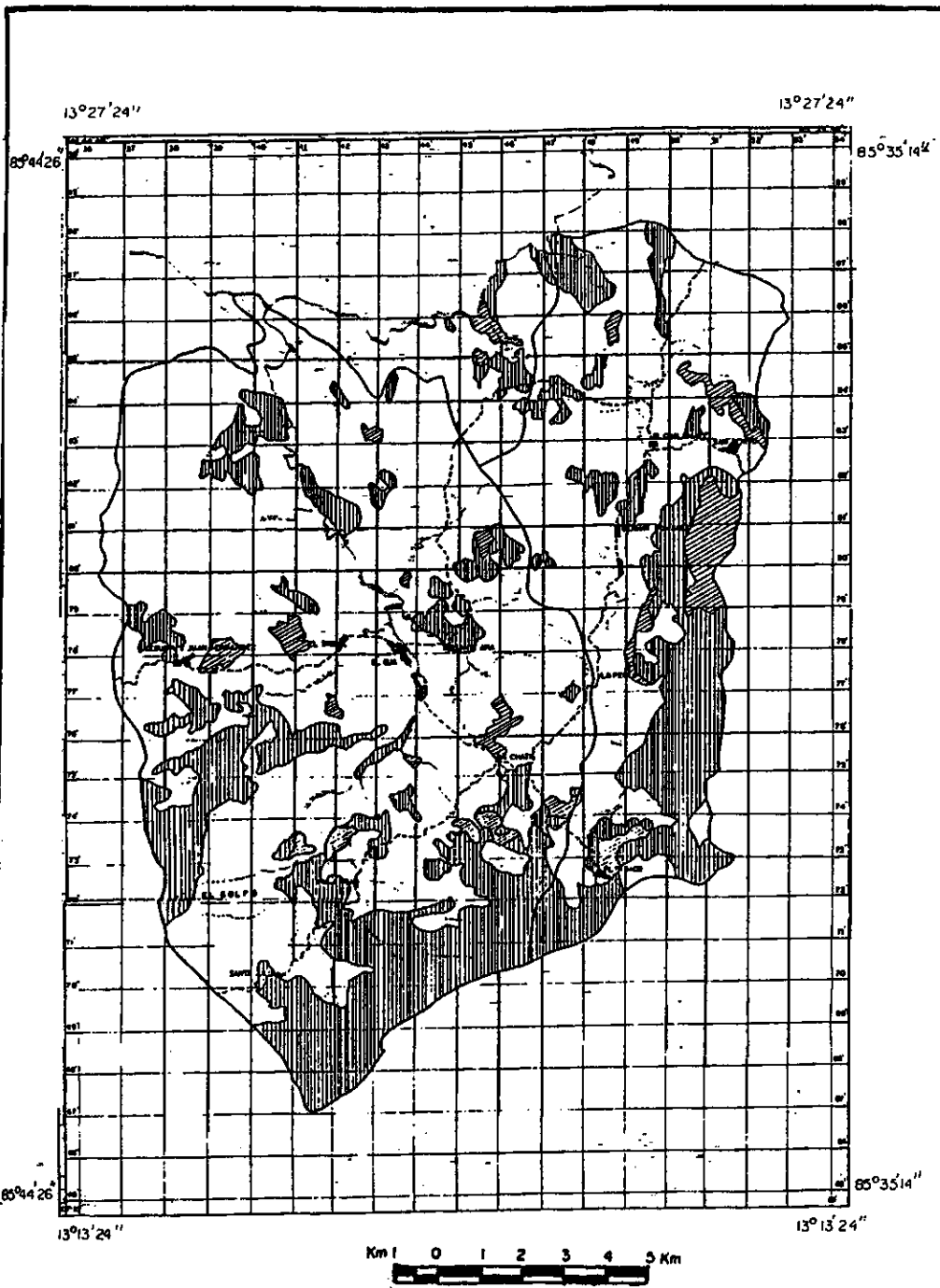
Los suelos con uso óptimo en la microcuenca el Cuá ocupan un área de 35.83 Km² lo que corresponde al 23.92%, la microcuenca de Bocaycito ocupa un área de 23.80 Km² que equivale al 33.58% del área total y la microcuenca de Los Pedernales ocupa un área de 1.31 Km² que corresponde al 10.88%.

El área **subutilizada** en la microcuenca es Cuá es de 2.23% que equivale a un área de 3.34 Km², la microcuenca de Bocaycito ocupa un área de 4.35 Km² que equivale al 6.14% y la microcuenca de Los Pedernales ocupa un área de 0.34 Km² que corresponde al 2.82%, Esto se debe a la existencia de pequeñas áreas que se encuentra con bosque denso y ralos en suelos de clase IV.




Tabla # 14: Comparación de uso actual y capacidad de uso por extensión, según su localización. Cifras absolutas y relativas.

CATEGORIA	CUA		BOCAYCITO		PEDERNALES		TOTALES	
	AREA		AREA		AREA		AREA	
	Km ²	%	Km ²	%	Km ²	%	Km ²	%
SOBRE UTILIZADA	110.61	73.85	42.73	60.28	10.39	86.30	163.73	70.36
SUB UTILIZADA	3.34	2.23	4.35	6.14	0.34	2.82	8.03	3.45
BIEN UTILIZADA	35.83	23.92	23.80	33.58	1.31	10.88	60.94	26.19
TOTALES	149.78	100.00	78.88	100.00	12.04	100.00	232.70	100.00

(Ver mapa de comparación de uso actual y capacidad de uso del suelo # 8)



SIMBOLOGIA

	USOS	Area -km ²	%
	Bieno...	60.94	26.19
	Sub utilizado	8.03	3.45
	Sobreutilizado	163.73	70.36
		232.70	100



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
ESCUOLA DE SUELOS Y AGUA
DPTO. DE SUELOS

MAPA DE COMPARACION DE
USO ACTUAL Y CAPACIDAD DE
USO

REALIZO: LADIMIR LEE Y DAVID AVENDANO
REVISO: ING. HERACIO RODRIGUEZ
DISEÑO: E. S. VILLAS
ESCALA: 1:50,000

UBICACION: EL SUR BUCAYCITO
PROYECTO: PROYECTO GUERRA Y MEDIO AMBIENTE
AREA: 232.66 km²
FECHA: DICIEMBRE, 1994

8
10

5.2.9 Uso propuesto

El mal uso de los Recursos Naturales de la Subcuenca Cuá-Bocaycito, ha influido principalmente en el recurso suelo, ya que se ha explotado por encima de sus capacidad productiva y se ha sometido a manejo inadecuado.

Por lo antes mencionado es necesario elaborar propuestas que conlleven al mejor uso de la tierra, basandose en la implementación de sistemas agroforestales, silvopastoriles y de protección de la vida silvestre; lo que nos permite preservar y mejorar el ecosistema, aumentar la producción agrícola, pecuaria y forestal.

5.2.9.1 Descripción de los sistemas agroforestales propuestos en la subcuenca para asegurar el uso sostenible de la misma:

Los sistemas agroforestales y las áreas de protección de la vida silvestre son los siguientes:

- **AF₂** : Sistema agroforestal de cultivos semiperennes + cultivos perennes + especies forestales para madera de aserrar, leña, postes; adaptables a suelos profundos y moderadamente profundos, con drenaje bueno a moderado y pendientes de 15 - 30%.
- **AF₃** : Sistema agroforestal de cultivos perennes + especies forestales para madera de aserrar , leña, postes, adaptable a suelos profundo, drenaje moderado, pendiente de 30 - 50 % y café con sombra densa, empleando prácticas de conservación.
- **GF₁** : Sistema pecuario forestal de pastos + forraje (árboles y arbustos) + especies forestales de madera de aserrar, leña, postes, adaptables a suelos profundos a moderadamente profundos, drenaje de bueno a moderado y pendientes de 15 -30 %.

- **GF₂** : Sistema pecuario forestal de forraje (árboles y arbustos) + especies forestales de madera de aserrar, leña, postes, adaptables a suelos profundos a moderadamente profundos, drenaje de bueno a moderado y pendientes de 15 - 30 % y pastos con árboles, como una práctica de conservación.
- **PVS**: Areas de protección de la vida silvestre con suelos superficiales, bien drenados, fertilidad natural de media a alta, con pendientes de 15 - 60 % o en suelos superficiales con 8 - 30% de pendiente.
- **F** : Sistema forestal, adaptable a suelos medios a profundos, con drenaje medio, fertilidad natural de media a alta, pendientes de 15 - 30%.

Para elegir las diferentes especies de plantas que conforman el sistema agroforestal, pecuario forestal y forestal, se propone una letra minúscula en el extremo derecho de cada sistema agroforestal para indicar la adaptación a las condiciones climáticas y limitantes de inundación.

Las letras usadas en la leyenda del mapa de uso propuesto # 9 son b, i y c utilizándose de las siguientes formas:

(AF ₂ /GF ₁)-b	(AF ₂ /GF ₁)-i	(AF ₃ /GF ₁)-i	(AF ₃ /F)-b
(GF ₂ /AF ₃)-b	Pvs-c	(AF ₃ /PVS)-b	(GF ₂ /PVS)-b

El significado de las letras que expresan el grupo de plantas adaptables a las zonas de vida y zonas climáticas es el siguiente: **(Ver mapa De Zonas de Vida # 10)**

b) Especies de plantas adaptables a la zona de vida de bosques muy húmedo sub tropical.

Cultivos semiperennes: Banano, plátano, piña, naranjilla.

Cultivos perennes: Café, aguacate, naranja, mango, guayaba, níspero, limón, mandarina, anona.

Pastos: Gamba, anglenton, pará, alemán, guinea, pangola.

Forestales: Guayabón, guaba, roble encino, sangre grado, caoba, madero negro.

c) Especies de plantas adaptables a la zona de vida de bosque muy húmedo montano bajo sub tropical.

Cultivos semiperennes: Plátano, banano, naranjilla.

Cultivos perennes: Café, mandarina, naranja, aguacate, mango.

Pasto: Anglenton, alemán, gamba.

Forestales: Caoba, ceiba, cortéz, roble encino, nogal, madero negro, guásimo.

i) Especies de plantas adaptables a suelos con problemas de inundación.

Cultivos semiperennes: Guineo, banano, plátano.

Cultivos perennes: Coco.

Pastos: Anglenton, gamba.

Forestales: Mangle de agua dulce, guayabón.

5.2.9.2 Cultivos adaptables para cada Subgrupo

Orden: ENTISOLES

1. Subgrupo Lithic Udorthens:

- Cultivos perennes: Café + Igüera
- Pastos: Pará, Jaragua, Gamba
- Forraje: Madero Negro
- Especies Forestales: Roble, Cedro, Guayabon, Ojoche, Caoba, Cortez, Nogal y Laurel

Alternativa de uso propuesto:

- Sistema pecuario forestal: Café con sombra densa + Protección de la vida silvestre Ejm. café + iguera + roble + guaba + cedro + nogal + madero negro + laurel
- Sistema pecuario forestal con protección + protección de la vida silvestre; Ejm. pará + jaragua + gamba + cedro + nogal + madero negro + roble + guayabon + ojoche + caoba + cortez + laurel
- Protección de la vida silvestre.
- Reserva biológica, reserva forestal
- Ecoturismo
- Parque Nacional

2. Subgrupo Typic Udorthents:

- Cultivos semiperennes: musáceas, granadilla, maracuya
- Cultivos perennes: café, fresa, naranjilla, naranja dulce, aguacate, mandarina
- Especies forestales: nogal, roble encino, caoba, ceiba, cortez, cedro.

Alternativa de uso propuesto:

- Sistema agroforestal: Cultivos perennes + especies forestales Ejm. café + mandarina + naranja + aguacate + caoba + ceiba + cedro + nogal.
- Sistema forestal: Especies forestales Ejm. roble encino + guayabón + cedro + ojoche + nogal.

3. Subgrupo Typic Udipsamments:

- Cultivos semiperennes: musáceas
- Cultivos perennes: cítricos, aguacate
- Pastos: alemán, pará, anglenton, gamba, guinea, elefante, guatemala
- Forraje: madero negro.
- Especies forestales: mangle de agua dulce + guayabón + cedro + roble encino + acacia.

Alternativa de uso propuesto:

- Terrazas bajas: Pecuario Forestal: Pastos + forraje + forestal Ejm. angenton + gamba + madero negro + mangle de agua dulce + guayabón.
- Terrazas altas: Sistema agroforestal: Cultivos semiperennes + cultivos perennes Ejm. cítricos + musáceas + aguacate + angenton + guinea + gamba + guayabón + cedro + roble encino.

Orden: ALFISOLES**1. Subgrupo Ultic Hapludalfs:**

- Cultivos perennes : café, cítricos, mango, aguacate.
- Pastos: guinea, pangola, guatemala.
- Forraje: madero negro.
- Especies forestales : caoba, ceiba, cortez, madero negro, guácimo, roble encino, nogal, guayabón.

Alternativa de uso propuesto:

- Protección de la vida silvestre.
- Sistema agroforestal: Cultivos perennes + especies forestales Ejm. café + musáceas + caoba + ceiba + madero negro.
- Pecuario forestal: Pasto + forraje + especies forestales Ejm. pangola + guinea + madero negro + cortez + roble encino + nogal etc.
- Pecuario forestal: Forraje + especies forestales Ejm. Madero negro + nogal + guayabón + roble encino.
- Sistema forestal: Especies forestales Ejm: cortez + guayabón + nogal + madero negro + ceiba.

2. Subgrupo Vertic Ochraqualfs:

- Cultivos semiperennes: musáceas.
- Cultivos perennes: Coco
- Pastos: Alemán, estrella, pará, anglenton
- Forraje: Madero negro, gandúl.
- Especies forestales: Mangle de agua dulce

Alternativa de uso propuesto:

- Sistema agroforestal: Cultivos semiperennes + cultivos perennes + especies forestales Ejm. banano + coco + guayabón + mangle de agua dulce.
- Sistema agroforestal: Cultivos perennes + especies forestales Ejm. Coco + guayabón.
- Pecuario forestal: Pastos + forraje + especies forestales Ejm. anglenton + estrella + gandúl + guayabón + mangle de agua dulce.

3. Subgrupo Vertic Hapludalfs:

- Cultivos perennes: café, cítricos, mangos, aguacate
- Especies forestales: roble encino + guayabón + ceibo + madero negro

Alternativa de uso propuesto:

- Sistema agroforestal: Cultivos perennes + especies forestales Ejm. café + aguacate + cítricos + roble encino + guayabón.
- Sistema forestal: especies forestales Ejm. roble encino + guayabón + madero negro.

Orden: ULTISOLES

1. Subgrupo Typic Rhodudults:

- Cultivos perennes : café, cítricos, aguacate, mango.
- Especies forestales : caoba, ceiba, madero negro, nogal, roble encino, cortez y guácimo.

Alternativas de uso propuesto:

- Sistema agroforestal: cultivos perennes + especies forestales Ejm. café + musáceas + caoba + ceiba + madero negro.
- Sistema forestal: especies forestales. Ejm. caoba + guácimo + ceibo + madero negro + roble encino.

2. Subgrupo Rhodic Kandiudults:

- Cultivos semiperennes: musáceas.
- Cultivos perennes: cítricos, aguacate.
- Pastos: estrella, gamba, anglentón, pará.
- Forraje: madero negro, gandúl.
- Especies forestales: ceibo, roble encino, guayabón, guácimo, madero negro.

Alternativas de uso propuesto:

- Protección de la vida silvestre.
- Sistema agroforestal: cultivos semiperennes + cultivos perennes + especies forestales Ejm. musáceas + cítricos + guácimo + roble encino.
- Sistema agroforestal: cultivos perennes + especies forestales Ejm. cítricos + café + ceibo + roble encino + madero negro.
- Pecuario forestal: pastos + forraje + forestal Ejm. anglentón + estrella + gandúl + madero negro + guácimo + roble encino.
- Pecuario forestal: forraje + forestal Ejm. Madero negro + gandúl + ceibo + guayabón + roble encino.

3. Subgrupo Andic Kandiudults:

- Cultivos perennes : café, naranjilla, mandarina, aguacate.
- Forraje: gandúl, madero negro.
- Especies forestales : caoba, nogal, roble encino, acacia, cedro, cortez, eucalipto, guácimo, madero negro.

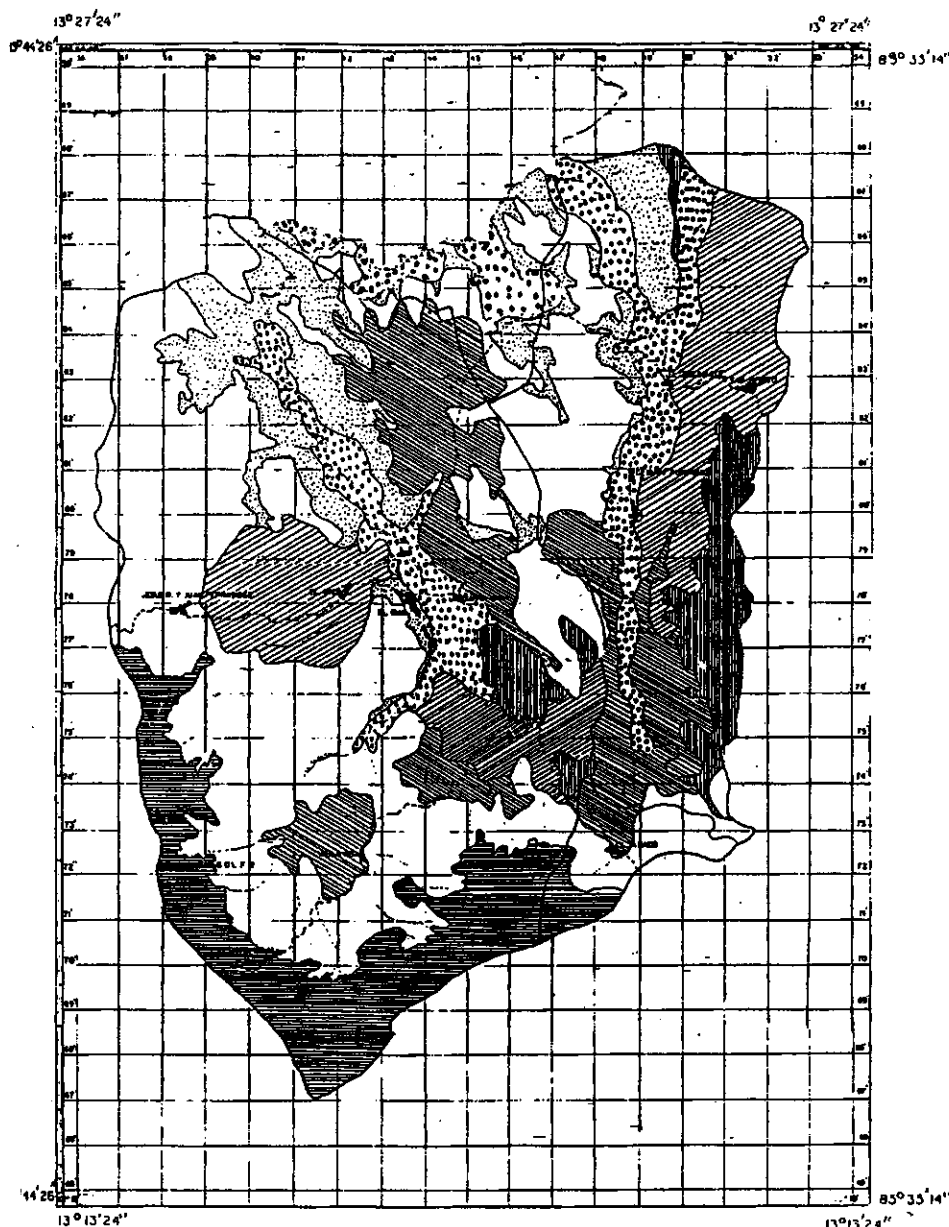
Alternativa de uso propuesto:

- Protección de la vida silvestre.
- Sistema agroforestal: cultivo perennes + especies forestales Ejm. café + caoba, roble encino, nogal, guácimo.
- Pecuario forestal: forraje + especies forestales Ejm. gandúl + madero negro + caoba + cedro + roble encino.

Tabla # 15: Usos Propuestos por superficie, según su ubicación. Cifras absolutas y relativas.

USOS	CUA		BOCAYCITO		PEDERNALES		TOTALES	
	AREA		AREA		AREA		AREA	
	Km ²	%	Km ²	%	Km ²	%	Km ²	%
(AF ₂ /GF ₁)-b	4.40	2.94	12.02	16.96	-	-	16.42	7.06
(AF ₂ /GF ₁)-i	-	-	16.70	23.56	3.42	28.40	20.12	8.64
(AF ₃ /GF ₁)-i	14.58	9.73	-	-	-	-	14.58	6.27
(AF ₃ /F)-b	9.57	6.39	13.06	18.47	-	-	22.63	9.72
(GF ₂ /AF ₃)-b	18.95	12.65	7.20	10.16	0.82	6.81	26.97	11.60
(AF ₃ /PVS)-b	60.80	40.59	14.03	19.79	3.99	33.14	78.82	33.87
(GF ₂ /PVS)-b	19.80	13.22	5.97	8.42	3.81	31.64	29.58	12.71
PVS-c	21.68	14.47	1.90	2.68	-	-	23.58	10.13
TOTALES	149.78	100.00	70.88	100.0	12.04	100.0	232.7	100.0

(Ver mapa de uso propuesto # 9)



Km 0 1 2 3 4 5 Km

SÍMBOLO	USOS	Área km ²	%
	(GF ₂ -PVS)-b	29.58	12.71
	(AF ₂ GF ₁)-b	16.42	7.06
	(AF ₂ -F ₁)-b	22.63	9.72
	(GF ₂ -AF ₂)-b	26.37	11.60
	(AF ₂ -PVS)-b	78.82	33.87
	(PVS)c	23.58	10.13
	(AF ₂ -GF ₁)-b	20.12	8.64
	(AF ₂ -GF ₁)-b	14.58	6.27
		232.70	100

Sistemas propuestos

Símbolo Significado

- AF₂:** Sistema agroforestal de cultivos perennes + cultivos anuales y especies forestales para madera de exportación, para uso de madera de exportación y moderadamente profundos, con drenaje de buena a moderada, pendientes de 15-30%.
- AF₃:** Sistema agroforestal de cultivos perennes + especies forestales para madera de exportación, para uso de madera de exportación y moderadamente profundos, con drenaje de buena a moderada, pendientes de 30-50%.
- GF₁:** Sistema agroforestal de cultivos perennes + especies forestales para madera de exportación, para uso de madera de exportación y moderadamente profundos, con drenaje de buena a moderada, pendientes de 15-30%.
- GF₂:** Sistema agroforestal de cultivos perennes + especies forestales para madera de exportación, para uso de madera de exportación y moderadamente profundos, con drenaje de buena a moderada, pendientes de 30-50%.
- PVS:** Área de protección de la vida silvestre con cultivos agroforestales, para drenaje, fertilidad natural de media a alta, con pendientes de 15-30% y/o suelos impermeables con 0-30% de pendiente.
- F:** Sistema forestal, adaptado a suelos medianos a profundos, con drenaje medio, fertilidad natural de media a alta, pendientes de 15-30%.

Grupos de plantas adaptables a zonas climáticas.

Símbolo Significado

- b:** Especies de plantas adaptables a la zona de vida de bosque muy húmedo sub-tropical.
- c:** Especies de plantas adaptables a la zona de vida de bosque muy húmedo sub-tropical.
- i:** Especies de plantas adaptables a suelos con problemas de inundación.

Pisos altitudinales

- 1: altitud de 300 a 500 m.s.n.m.
- 2: altitud de 500 a 700 m.s.n.m.
- 3: altitud de 700 a 1200 m.s.n.m.
- 4: altitud de 1200 a 1500 m.s.n.m.

AF3(c)-b2



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
ESCUELA DE SUELOS Y AGUA
DPTO. DE SUELOS

MAPA DE USO PROPUESTO

ALABO: LARREA LAL Y GARCIA AVERGADO
DISEÑO: ING. HENRIQUE RODRIGUEZ
BOYER: E. AVILES
ESCALA: 1:50,000

VERIFICADOR: E. CUI GONZALEZ
DISEÑO: PROYECTO Y DISEÑO AGRICOLA
Escala: 1:50,000
FECHA: DICIEMBRE, 1990

9
10

VI. CONCLUSIONES

1. La hidrología de la subcuenca de los ríos Cuá - Bocaycito está compuesta por afluentes considerados en un rango de medios a altos, encontrando un orden de corriente para el río Cuá de 4 y el río Bocaycito es de 3. Estos afluentes forman una red de drenaje dendrítico y subparalelo para los dos ríos que van de Sur a Norte; la pendiente media de las microcuencas es de 17.58 % para el río el Cuá y de 17% para el río Bocaycito, por lo que el escurrimiento luego de un evento lluvioso es bastante rápido.
2. Los suelos encontrados en la subcuenca Cuá - Bocaycito son:
 - a) Entisoles o suelos jóvenes que corresponde a tres subgrupos principales como son Typic Udorthents, Lithic Udorthents y Typic Udipsamments.
 - b) Alfisoles o suelos maduros con los subgrupos Vertic Ochraqualfs, Ultic Hapludalfs y Vertic Hapludalfs.
 - c) Ultisoles o suelos seniles con los subgrupos Typic Rhodudults, Rhodic Kandiudults y Andic Kandiudults.
3. La capacidad de uso de los suelos de acuerdo a los órdenes taxonómicos encontrados y las características tanto edáficas como limitantes físicas, se clasifican en las siguientes clases de capacidad:

Subgrupo Taxonómico	Clases de Capacidad
Typic Udorthents	VII
Typic Udipsamments	IV
Lithic Udorthents	VIII
Vertic Ochraqualfs	V
Ultic Hapludalfs	IV, VI, VII, VIII
Vertic Hapludalfs	VII
Typic Rhodudults	VII
Rhodic Kandiudults	IV, VI, VIII
Andic Kandiudults	VI, VIII

4. Se encontró que existen áreas críticas, sobre utilizadas 70.36% (163.73 km²), bien utilizadas 26.19% (60.94 km²) y áreas sub utilizadas 3.45% (8.03 km²).
5. En la mayor parte del área de la Sub cuenca Cuá-Bocaycito los suelos superficiales se localizan en laderas, con pendientes muy pronunciadas por lo que están sujetos a erosión.
6. En las partes media y alta de la Subcuenca se presentan suelos profundos a moderadamente profundos que están siendo utilizados con pastos, bosques, cultivos anuales, café con sombra densa, presentando pendientes de 25 - 30%.
7. En las partes bajas encontramos un valle aluvial, con pendientes suaves de 2-5 %, estos suelos presentan profundidades de hasta 125 cm., con riesgo de inundación lo que limita su uso.

8. La degradación de los suelos se debe entre otras causas a:

- a) Tipos de uso que sobrepasan la capacidad productiva de las tierra.**
- b) Explotación forestal en tierras de protección de la vida silvestre
(deforestación de la reserva biológica)**
- c) Explotación ganadera en tierras forestales**
- d) Explotación agrícola en tierras ganaderas y/o forestales**
- e) Falta de manejo conservacionista para los usos forestal, ganadero y agrícola**

9. De acuerdo a observación en campo en pendientes suaves y pronunciadas, se puede deducir de forma general que los efectos de la degradación de los suelos es por:

- Erosión laminar y en cárcavas.**
- Sedimentación en depresiones y cuerpos de aguas superficiales.**

10. Los usos propuestos para la Subcuenca Cuá-Bocaycito son sistemas agroforestales, silvopastoriles y protección de la vida silvestre.

VII. RECOMENDACIONES

1. Diseñar un plan de ordenamiento de la Subcuenca Hidrográfica Cuá - Bocaycito que corresponda al uso adecuado de la tierra.
2. Elaborar un plan conjunto de manejo y recuperación de los recursos naturales entre el gobierno municipal, organismos no gubernamentales y los pobladores de la Subcuenca Cuá - Bocaycito.
3. En base a las problemáticas encontradas es necesario la realización de talleres de capacitación a productores de la Subcuenca Cuá - Bocaycito:
4. Ordenamiento del uso agrícola, pecuario y forestal de las tierras de la Subcuenca.
 - Conservación de suelos y aguas.
 - Técnicas de manejo de agricultura en laderas.
 - Manejo de Cuencas hidrográficas.
 - Manejo integrado de los diferentes sistemas de producción.
 - Agricultura Sostenible.
 - Sistemas agroforestales y silvopastoriles.
5. Realizar estudios de mayor precisión (factibilidad) para conocer el potencial hidroeléctrico de la subcuenca Cuá - Bocaycito.
6. Establecer un plan de reforestación de laderas en las montañas que forman el parte aguas de la Subcuenca, impulsado por la alcaldía municipal y otras instituciones interesadas.
7. Promover un programa de manejo integrado de los recursos hídricos, que considere las áreas necesarias para la protección del acuífero.

VIII. BIBLIOGRAFIA

Buol, Hole y McCracken, (1984). Génesis y Clasificación de Suelos. Editorial Trillas, México.

Catastro e Inventario de Recursos Naturales, (1971). Levantamiento de suelos de la región del pacífico de Nicaragua. Volumen I, II, III. Managua, Nicaragua.

CIRECFA, Gobierno de la República de Nicaragua, Ministerio de la Presidencia Plan de Acción CIRECFA, (1992). Proyecto de Desarrollo Integral para los Municipios de: Jinotega, Waslala, Río Blanco, Rancho Grande, San José de Bocay. Nicaragua.

Cortés L. Abdón y Malagón C. Dimas, (1983). Los levantamientos de suelos y sus aplicaciones multidisciplinaria. Merida - Venezuela.

Duchaufour Philippe, (1984). Edafología y Clasificación. Masson S.A. Barcelona, España.

Earl Storie. R. (1964). Handbook of Soil Evaluation. Asociación Students Store. California.

FARENA - ESA, (1993). Estudio de la Cuenca del Río Grande de Carazo para su rescate Ecológico. UNA-ESA. Nicaragua.

Fitz Patrick E. A., (1980). Suelos: Su formación, Clasificación y Distribución. Editorial CECSA, México.

Florencia Montaginni, (1992). Sistemas Agroforestales: Principios y Aplicaciones en los Trópicos. San José, Costa Rica.

Foth, Henry, (1987). Fundamentos de las ciencias de suelo. CECSA, México.

González Mateos Ricardo, (1988). La Clasificación Campesina como un Sustituto de los Levantamientos Detallados de Suelos. Tesis de Maestría. Escuela de Postgraduado. Montecillos, México.

Instituto Nicaraguense de Estudios Territoriales, (1990). Mapas Topográficos, El cuá 3056-II y Macizo de Peñas Blancas 3055-I. Nicaragua.

Instituto Nicaraguense de Estudios Territoriales,, (1987-1988). Fotografías aéreas Escala 1:25000 y 1:30000. Nicaragua.

Joseph A. et al., (1972). Una clasificación y metodología para la determinación y levantamiento de mapas de la capacidad de uso mayor de la tierra. San José, Costa Rica.

Klingebiel A.A and Montgomery P.H.,(1961). Soil Conservation Service. Reprinted from USDA Handbook 210 U.S Department of Agriculture. Washintong D.C.

López Javier E, (1979). Guía agroclimática práctica para los reglones agropecuarios de mayor importancia en Venezuela.

López Falcón Roberto A., (1988). Conservación de suelos agrícolas. Merida, Venezuela.

Mijares Francisco J., (1987). Apuntes de Hidrología de Superficie. Universidad Autónoma de México.

Norbert Fenzl, (1989). Nicaragua: Geografía, Clima, Geología y Hidrogeología. Editorial Universitaria de UFPA. Belém - Pará - Brasil.

Organización De Las Naciones Unidas Para La Agricultura Y La Alimentación. FAO. 1977. Guía Para La Descripción De Perfiles De Suelo.

Ortíz Solono C.A., (1974). Evaluación de Tierra según su Producción de Maíz en el área de Influencia de Chapingo. Tesis de Maestría. Colegio de Postgraduado. Chapingo, México.

Ortíz-Villanueva, (1990). Edafología. Universidad Autónoma de Chapingo. Departamento de Suelo. Chapingo, México

PNUD, OMM, (1972). Manual de Instrucciones Estudios Hidrológicos. San José, Costa Rica.

Rodríguez Ignacio, (1991). Reclasificación de suelos, capacidad de uso y uso potencial del proyecto de desarrollo cooperativo en los polos de desarrollo Aranjuez La Cumplida. UNA - ESA. Nicaragua.

Rodríguez Ignacio, (1989). Reclasificación del uso potencial de los suelos de la cuenca "Río Escondido". MIDINRA - DIRENA. Nicaragua.

Salas Estrada Juan B., (1989). Arboles de Nicaragua. Instituto de Recursos Naturales y del Ambiente. Editorial HISPAMER. Managua, Nicaragua.

Soil Survey Staff. Soil Survey Manual (1962). Agricultural Handbook 18 U.S Dept. of Agriculture U.S.A Government Printing Office, Washington D.C 503.

Soil Survey Staff. Soil Taxonomy: A basic system of soil classification for making and interpreting soil surveys 1975. Agricultural Handbook 436 U.S Dept. of Agriculture U.S.A Government Printing Office, Washington D.C 754.

**TRAGSA, (1994). Restauración hidrológico forestal de cuencas y control de la erosión.
Ediciuones Mundi-Prensa, Barcelona, España**

**USDA, (1990). Clave para la Taxonomía de suelos (traducido por Carlos Ortiz Solorio)
Centro de Edafología, Colegio de Postgraduados. Montecillo, Mexico.**

IX. ANEXOS

9.1 Conceptos y características básicas usados en la cuenca

- **Parteaguas:** Para esto se traza la línea que une los puntos de mayor nivel topográfico y que separa la cuenca de las vecinas. Estos puntos se localizaron a través del mapa topográfico escala 1: 50,000.
- **Area de la cuenca:** Se define como la superficie, en proyección horizontal, delimitadas por el parteaguas. El área fue calculada a través del mapa topográfico y con el uso del planímetro polar.
- **La corriente principal de una cuenca:** Este es determinada por que la corriente del cauce principal sale de la cuenca y se determinó por medio del mapa topográfico 1:50000 y se verificó por las fotos aéreas escala 1:25000 y 1:30000.
- **Forma de la cuenca:** La forma de cada microcuenca se va obtener a través del coeficiente de Gravelius el cual toma en cuenta el perímetro de la cuenca y la superficie de dicha cuenca.

$$C_g = \frac{P}{2 (3.1416 * A)^{0.5}} =$$

Donde:

C_g = Coeficiente de Gravelius.

P = Perímetro de la cuenca en m

A = Superficie de la cuenca en Km²

C _g	Forma
1.00 - 1.25	Redonda
1.25 - 1.50	Ovalada
1.50 - 1.75	Oblonga

- **Pendiente media de la cuenca:** Se determinó por el método de Horton el que consiste en determinar la pendiente en dos direcciones, para posteriormente determinar la pendiente general de la cuenca, tomando en consideración la inclinación de las curvas de nivel; el procedimiento es el siguiente:

1. Trazar una cuadrícula sobre el plano del área de la cuenca en estudio, habiendo orientado previamente a este.
2. Se enumeran las líneas de la cuadrícula, ubicando el cero en la parte inferior izquierda para después medir la longitud de cada línea de la cuadrícula que queda comprendida dentro de la cuenca; igualmente se cuentan las intersecciones y tangencias de cada línea con las curvas de nivel. El total de puntos no debe de ser menor de 100 por que de lo contrario no sería representativa la pendiente media de la cuenca. Luego de tener los números de puntos se miden la longitud de los puntos extremos de cada línea en ambos ejes y se procede a resolver la siguiente fórmula:

$$S_x = \frac{\sum N_{xi} \cdot D}{\sum L_{xi}}$$

$$S_y = \frac{\sum N_{yi} \cdot D}{\sum L_{yi}}$$

$$S_c = \frac{S_x + S_y}{2}$$

En donde :

S_x = Es la pendiente que tiene la cuenca en las abcisas.

S_y = Es la pendiente que tiene la cuenca en las ordenadas.

S_c = Es la pendiente media de la cuenca.

N_{xi} = Número de puntos de cada línea en la cuenca en las abcisas.

L_{xi} = Es la distancia de los puntos extremos en las abcisas.

N_{yi} = Número de puntos de cada línea en la cuenca en las ordenadas.

L_{yi} = Es la distancia de los puntos extremos en las ordenadas.

D = Intervalo vertical existente entre las curvas de nivel de la cuenca.

- **Pendiente media de la cuenca:** Se determinó por el método de Horton el que consiste en determinar la pendiente en dos direcciones, para posteriormente determinar la pendiente general de la cuenca, tomando en consideración la inclinación de las curvas de nivel; el procedimiento es el siguiente:

1. Trazar una cuadrícula sobre el plano del área de la cuenca en estudio, habiendo orientado previamente a este.
2. Se enumeran las líneas de la cuadrícula, ubicando el cero en la parte inferior izquierda para después medir la longitud de cada línea de la cuadrícula que queda comprendida dentro de la cuenca; igualmente se cuentan las intersecciones y tangencias de cada línea con las curvas de nivel. El total de puntos no debe de ser menor de 100 por que de lo contrario no sería representativa la pendiente media de la cuenca. Luego de tener los números de puntos se miden la longitud de los puntos extremos de cada línea en ambos ejes y se procede a resolver la siguiente fórmula:

$$S_x = \frac{\sum N_{xi} \cdot D}{\sum L_{xi}}$$

$$S_y = \frac{\sum N_{yi} \cdot D}{\sum L_{yi}}$$

$$S_c = \frac{S_x + S_y}{2}$$

En donde :

S_x = Es la pendiente que tiene la cuenca en las abcisas.

S_y = Es la pendiente que tiene la cuenca en las ordenadas.

S_c = Es la pendiente media de la cuenca.

N_{xi} = Número de puntos de cada línea en la cuenca en las abcisas.

L_{xi} = Es la distancia de los puntos extremos en las abcisas.

N_{yi} = Número de puntos de cada línea en la cuenca en las ordenadas.

L_{yi} = Es la distancia de los puntos extremos en las ordenadas.

D = Intervalo vertical existente entre las curvas de nivel de la cuenca.

Tabla # 16: Pendiente media de la microcuenca Cuá

Número de línea	Long.(cm.) LXi.	Long.(cm.) LYi	# Intersec NXi	# intersec. NYi
1	0.00	0.00	0.00	0.00
2	0.90	3.60	2.00	5.00
3	4.80	13.90	11.00	19.00
4	7.20	22.80	12.00	15.00
5	10.20	27.90	17.00	31.00
6	12.95	29.5	17.00	35.00
7	16.55	30.30	20.00	31.00
8	17.70	30.60	19.00	29.00
9	18.10	34.70	21.00	35.00
10	18.05	35.25	20.00	35.00
11	18.30	35.30	21.00	24.00
12	49.50	34.80	16.00	24.00
13	20.05	33.90	22.00	33.00
14	21.60	32.20	21.00	29.00
15	21.20	31.65	16.00	27.00
16	21.10	31.40	16.00	21.00
17	21.40	31.40	23.00	28.00
18	21.80	28.90	19.00	18.00
19	21.80	25.90	17.00	18.00
20	21.75	24.10	17.00	21.00
21	21.90	22.60	7.00	18.00
22	21.75	17.80	15.00	15.00
23	21.50	14.40	12.00	9.00
24	20.30	9.90	9.00	4.00
25	19.65	1.60	15.00	2.00
26	20.25	S 603.40	12.00	S 526.00
27	20.25		15.00	
28	19.95		13.00	
29	19.00		12.00	
30	18.00		14.00	
31	17.20		14.00	
32	16.50		9.00	
33	16.00		12.00	
34	15.50		15.00	
35	15.00		16.00	
36	7.70		13.00	
37	2.50		4.00	
38	1.90		4.00	
39	1.60		3.00	
	S 610.40		S 541.00	

Convirtiendo todas las distancias a la escala de trabajo (1:50,000), nos queda los siguientes resultados:

Distancias en el plano de 610.40 cm. en el terreno corresponden a una distancias de 305,200.00 mts. , por igual método 603.4 cm. en el plano corresponden a 301,700.00 mts. en el terreno.

Sustituyendo en la fórmula por el método de Horton:

$$S_x = \frac{541.00 * 100.00}{305,200.00} = 0.177261$$

$$S_y = \frac{526.00 * 100.00}{301,700.00} = 0.174345$$

$$S_c = \frac{0.177261 + 0.174345}{2} = 0.1758$$

Pendiente de la cuenca = 17.58 %

Tabla # 17: Pendiente media de la microcuenca Bocaycito

No. de líneas	Long. cm. LXI.	Long. cm. LYI	# intersec. Nxi	# intersec. NYI
1	0.30		3.00	
2	2.35		5.00	
3	3.00		7.00	
4	3.30		5.00	
5	7.60		8.00	
6	8.15		8.00	
7	6.80		6.00	
8	6.70		5.00	
9	6.10		6.00	
10	6.50		6.00	
11	6.30		7.00	
12	6.20		8.00	
13	6.40		8.00	
14	6.30	0.80	5.00	2.00
15	6.00	2.50	4.00	3.00
16	7.00	12.35	5.00	11.00
17	6.85	34.40	7.00	20.00
18	7.90	33.20	5.00	15.00
19	8.80	34.00	11.00	24.00
20	8.70	32.90	6.00	14.00
21	9.30	31.90	11.00	25.00
22	10.10	31.10	7.00	24.00
23	10.70	30.20	9.00	24.00
24	11.40	29.90	14.00	22.00
25	12.70	29.00	12.00	22.00
26	11.40	9.10	10.00	7.00
27	11.20	4.20	9.00	5.00
28	10.90		8.00	
29	10.80	S= 315.55	6.00	S= 218.00
30	11.00		13.00	
31	11.65		11.00	
32	11.20		11.00	
33	10.70		10.00	
34	8.85		8.00	
35	6.10		3.00	
36	3.10		6.00	
	S= 282.35		S= 273.00	

Resolviendo la fórmula de Horton tenemos:

$$S_x = \frac{2373.00 * 100.00 \text{ m}}{141,175.00 \text{ m}} = 0.19338$$

$$S_y = \frac{218.00 * 100.00 \text{ m}}{157,775.00} = 0.13817$$

$$S_c = \frac{0.19338 + 0.13817}{2} = 0.17$$

Pendiente de la cuenca = 17%

- **Elevación media de la cuenca:** Método de la Curva Hipsométrica. Utilizamos este método con el propósito de establecer información de la relación área - elevación y así caracterizar el relieve de la subcuenca; por ejemplo una pendiente fuerte en el origen hacia cotas inferiores indica llanuras; si la pendiente es muy fuerte hay peligro de inundación. Una pendiente muy débil en esa parte revela un valle encajonado. Una pendiente fuerte hacia la parte media indica una meseta. Al mismo tiempo por medio de este mismo método se conoce la elevación media de la cuenca.

El procedimiento consiste en determinar el área entre curvas de nivel, en este caso con intervalo vertical de 100 mts. El cálculo de área se hace mediante el uso del planímetro. Luego se grafican los valores de las curvas de nivel en eje Y, de modo que se cubra toda el área de estudio; y en el eje X, se ubica la sumatoria de área entre cada curva. Posteriormente se interceptan ambos valores correspondiente y se forma la llamada curva hipsométrica.

En el punto que corresponda al 50% del área total se traza una línea perpendicular a la curva, la que se une al eje Y, a través de una línea horizontal, dando como resultado en este punto la elevación media de la cuenca.

Tabla # 18: Elevación media de la microcuenca el Cuá.

Elevación de curvas	Area (Km²)	Sumatoria de área	Area %	Sumatoria de área (%)
1,500	0.76	0.76	0.51	0.51
1,400	0.75	1.51	0.50	1.01
1,300	1.68	3.19	1.12	2.13
1,200	3.62	6.81	2.41	4.54
1,100	5.45	12.26	3.63	8.17
1,000	7.98	20.24	5.32	13.44
900	9.40	29.64	6.27	19.76
800	8.51	38.51	5.68	25.44
700	15.53	53.68	10.37	35.81
600	21.65	75.33	14.46	50.27
500	43.81	119.14	29.26	79.53
400	27.77	146.91	18.55	98.08
300	2.87	149.78	1.91	99.99
Sumatoria	149.78	149.78	99.99	99.99

Elevación media: 605 m.s.n.m.

Tabla # 19: Elevación media de la microcuenca Bocaycito.

Elevación de curvas	Area (Km²)	Sumatoria de área	Area %	Sumatoria de área (%)
1,400	0.076	0.076	0.11	0.11
1,300	0.123	0.199	0.17	0.28
1,200	0.184	0.383	0.25	0.53
1,100	0.44	0.823	0.62	1.15
1,000	0.46	1.283	0.64	1.79
900	0.84	2.123	1.18	2.97
800	4.29	6.413	6.10	9.07
700	9.3	15.710	13.10	22.17
600	10.6	26.310	14.95	37.12
500	44.18	70.490	62.33	99.45
400	0.384	70.870	0.54	99.99
Sumatoria	70.88	70.88	99.99	99.99

Elevación media: 574 m.s.n.m.

- **Pendiente media del cauce principal:** El método utilizado es el de Relación distancia-elevación: Este método consiste en

$$Sc = \frac{H}{L} * 100$$

En donde:

Sc: Pendiente del cauce.

H: Desnivel del cauce.

L : Longitud del cauce.

Tabla # 20: Pendiente media del cauce principal para la microcuenca el Cuá.

Curva de nivel	Distancia en Km	Distancia Acumulada en Km
400	7.90	7.90
500	8.80	16.70
600	3.05	19.75
700	1.65	21.40
800	0.90	22.30
900	0.85	23.15
1000	0.75	23.90
1000	0.70	24.60
1200	0.45	25.05
1300	0.50	25.55

$$L_{cp} = \frac{1300m - 400m}{1,000m} = \frac{900m}{1,000} = 0.9 \text{ Km.}$$

$$S_c = \frac{0.9 \text{ Km}}{25.55 \text{ Km}} * 100 = 3.52\%$$

Pendiente del cauce= 3.52%

Tabla # 21: Pendiente media del cauce principal para la microcuenca Bocaycito.

Curvas de nivel	Distancia en Km	Distancia Acumulada en Km
500.00	13.00	13.00
600.00	6.45	19.45
700.00	1.65	21.00
800.00	1.30	22.40
900.00	0.75	23.15
1,000.00	0.50	23.65
1,100.00	0.35	24.00

$$L_{cp} = \frac{1100m - 500m}{1,000m} = \frac{600m}{1,000m} = 0.6 \text{ Km.}$$

$$S_c = \frac{0.6 \text{ Km}}{24.00 \text{ Km}} * 100 = 2.50\%$$

Pendiente del cauce= 2.50%

- **Orden de Corriente:** Está definido por el orden de corriente que tiene el cauce principal. Una corriente de orden 1 es un tributario sin ramificaciones, una de orden 2 tiene sólo tributarios de primer orden, etc. Dos corrientes de orden 1 forman una de orden 2, dos corrientes de orden 3 forman uno de orden 4, etc. El orden de una cuenca es el mismo que el de la corriente principal en su salida.

- **Densidad de corriente (Ds):** Se determina tomando en cuenta el número de corrientes perennes e intermitentes dividida entre el área de la microcuenca.

$$Ds = \frac{Ns}{A} = \text{Corrientes/km}^2$$

En donde:

Ns: Número de corrientes perennes e intermitentes.

A : Area de la cuenca.

- **Densidad de drenaje (Dd):** Consiste en medir la longitud de las corriente y dividirla entre el área de la microcuenca.

$$Dd = \frac{Ls}{A} = \text{Km/Km}^2$$

En donde:

Ls: Longitud total de las corrientes.

A : Area de la cuenca.

- **Caudal pico o máximo caudal:** Como su nombre lo indica es el máximo caudal que ocurre en la salida de una cuenca al momento de producirse un evento. Como en la subcuenca no existen datos para calcular este parámetro con datos de eventos ocurridos, se calculará por métodos sintéticos, usando el hidrograma unitario.
- **Hidrograma Unitario:** Es la respuesta de una cuenca a una precipitación uniforme efectiva (es decir lluvia que cae con igual intensidad en toda la cuenca y producen sólo escorrentía rápida) y que además es de valor unitario (1mm).

$$Qp = 0.212 \frac{A}{Tp} = \text{m}^3/\text{s}/\text{mm}$$

En donde:

Qp: Gasto al tiempo pico(m³/s/mm)

A : Area de la cuenca(km²)

Tp: Tiempo pico(hrs)

- **Tiempo de Concentración:** Es el tiempo que demora el agua en su viaje desde el punto más distante de una cuenca hasta el sitio en consideración.

$$T_c = 0.02 * \frac{L^{0.77}}{H^{0.5}} = \text{hrs}$$

En donde:

Tc: Tiempo de concentración (hrs)

L : Longitud del cauce principal (Km)

H : Diferencia de elevación del cauce principal (m)

- **Tiempo de letardo:** Es el tiempo que toma una partícula de agua para viajar a través de la cuenca, hasta el sitio de medición.

$$T_l = 0.6 * T_c = \text{hrs}$$

En donde:

Tl: Tiempo de letardo (hrs)

Tc: Tiempo de Concentración(hrs)

- **Tiempo al Pico:** Es el tiempo que transcurre desde el punto de levantamiento del evento lluvioso hasta el pico del hidrograma.

$$T_p = \frac{duh}{2} + T_l = \text{hrs}$$

En donde:

Tp : Tiempo al Pico (hrs)

duh: Duración 1hrs

Tl : Tiempo de letardo (hrs)

- **Tiempo Base:** Es el tiempo que transcurre desde el punto de levantamiento de la precipitación hasta el punto final del escurrimiento directo. Es entonces, el tiempo que dura el escurrimiento directo.

$$T_b = 5 \cdot T_p = \text{hrs}$$

En donde:

T_b : Tiempo base (hrs)

T_p : Tiempo al pico (hrs)

- **Caudales máximos con períodos de retornos:** Cada caudal de la serie presenta una determinada probabilidad de ser superado en su determinado período de retorno y se obtuvieron mediante el método de Gumbel y este se resume en los siguientes pasos:
 1. Recopilación de la serie anual de datos de aforos. La serie anual de avenidas máximas se representa por x_i en la que "i" varía de "1 a n" siendo "n" la longitud (el número de años) de la serie.
 2. Cálculo de S_x y \bar{x} media de la serie anual de avenidas (S_x desviación estándar y \bar{x} media).
 3. Selección de los períodos de retorno $T_j=2,5,10,25,50,100$. Para cada uno de estos valores se va a efectuar el cálculo de los caudales de avenida (en los pasos 4 al 7). Cada período de retorno T_j se corresponde con una probabilidad de excedencia $P_j=1/T_j$. Para cada período de retorno $P_j=0.5, 0.2, 0.1, 0.04, 0.02, 0.01$.
 4. Cálculo de la variable de Gumbel $Y_j = -L_n L_n [T_j/(T_j-1)]$.
 5. Cálculo del factor de frecuencia K_j correspondiente a la variable Y_j de Gumbel calculada en 4: $K_j = (Y_j - \bar{Y})/S_y = (0.7797 Y_j - 0.45)$.
 6. Cálculo del caudal de avenida X_j correspondiente al factor de frecuencia K_j obtenido en 5: $X_j = \bar{x} + K_j S_y$.
 7. Repetimos los pasos 4, 5 y 6 para cada uno de los períodos de retorno, obteniendo X_j (caudales Q_j) para cada T_j períodos de retorno.

8. Representación gráfica de los valores de caudal Q_j contra los valores correspondientes de T_j .s

• **Cálculos del Hidrograma Unitario**

Cuenca: Subcuenca Cuá
 Sup: 149.79 Km²
 Long. c.:25,550 m.
 Pendiente: 0.0352 m/m
 Tc: 2.99 horas
 Tp: 2.30 horas
 Tb 11.48
 Qp: 14 m³ /s
 Dur HU:1 hora
 TI: 1.80 horas

Subcuenca Bocaycito
 70.88 Km²
 24,000 m
 0.025 m/m
 3.25 horas
 2.45 horas
 12.26 horas
 6 m³ /s
 1 hora
 1.95 horas

t/ Tp	q/Qp	t(h)	q(m ³ /s)
0	0	0	0
0.2	0.1	0.5	1.4
0.4	0.31	0.9	4.3
0.6	0.66	1.4	9.1
0.8	0.93	1.8	12.9
1.0	1.0	2.3	13.8
1.2	0.93	2.8	12.9
1.4	0.78	3.2	10.8
1.6	0.56	3.7	7.7
1.8	0.39	4.1	5.4
2.0	0.28	4.6	3.9
2.2	0.207	5.1	2.9
2.4	0.147	5.5	2.0
2.6	0.107	6.0	1.5
2.8	0.077	6.4	1.1
3.0	0.055	6.9	0.8
3.2	0.04	7.3	0.6
3.4	0.029	7.8	0.4
3.6	0.021	8.3	0.3
3.8	0.015	8.7	0.2
4.0	0.011	9.2	0.2
4.2	0.01	9.6	0.1
4.4	0.007	10.1	0.1
4.6	0.003	10.6	0.0
4.8	0.0015	11.0	0.0
5.0	0.0	11.5	0.0

t/ Tp	q/Qp	t(h)	q(m ³ /s)
0	0	0	0
0.2	0.1	0	0.6
0.4	0.311	1.0	1.9
0.6	0.66	1.5	4.0
0.8	0.93	2.0	5.7
1.0	1.0	2.5	6.1
1.2	0.93	2.9	5.7
1.4	0.78	3.4	4.8
1.6	0.56	3.9	3.4
1.8	0.39	4.4	2.4
2.0	0.28	4.9	1.7
2.2	0.207	5.4	1.3
2.4	0.147	5.9	0.7
2.6	0.107	6.4	0.5
2.8	0.077	6.9	0.3
3.0	0.055	7.4	0.2
3.2	0.029	7.8	0.1
3.4	0.04	8.3	0.1
3.6	0.021	8.8	0.1
3.8	0.015	9.3	0.1
4.00	0.011	9.8	0.0
4.2	0.01	10.3	0.0
4.4	0.007	10.8	0.0
4.6	0.003	11.3	0.0
4.8	0.0015	11.8	0.0
5.0	0.0	12.3	0.0

9.2 Descripción de metodología usada para los análisis físicos y químicos.

Para la realización de los análisis de laboratorio de las muestras de suelos se utilizó la metodología planteada por International Soil Reference and Information Centre (ISRIC), 1994.

Para dicho trabajo se realizaron los siguientes análisis :

- **Determinación de pH:** La determinación del pH del suelo se realizó en agua destilada y en KCl 1M, con una relación sólido : líquido de 1 : 2.5 . Las muestras se agitaron durante dos (2) horas, luego de este tiempo se dejaron reposar durante 5 minutos y se procedió a hacer las lecturas en el peachímetro. Para calibrar el peachímetro se utilizaron soluciones buffer de pH 7 y pH 9.
- **Determinación de Materia Orgánica:** A las muestras de suelo se les añadió 10 ml de solución dicromato de potasio ($K_2 Cr_2 O_7$) 0.1667 M. Para oxidar la materia orgánica se utilizó ácido sulfúrico concentrado (96 %) y se dejó reposar durante 30 minutos. Se adicionó ácido fosfórico concentrado (85 %), agua destilada (250 ml) y el indicador difenilamina. La titulación se hizo con la solución sulfato ferroso ($FeSO_4$) 1M. En la determinación se adicionaron dos blancos para conocer la molaridad de la solución sulfato ferroso. Para obtener el porcentaje de carbono orgánico se utilizó la siguiente fórmula.

$$\%MO = M \frac{V_1 - V_2}{s} * 0.39$$

M : molaridad de la solución sulfato ferroso (titulado para el blanco).

V1 : ml de la solución sulfato ferroso requerido por el blanco.

V2 : ml de la solución sulfato ferroso requeridos por la muestra.

S : peso de la muestra de suelo

0.39 : $3 * 10^3 * 100 * 1.3$

Para la conversión del porcentaje de carbono orgánico a porcentaje de materia orgánica se utilizó la fórmula siguiente :

$$\% \text{ MO} = 2 * \% \text{ Carbono orgánico}$$

- **Capacidad de Intercambio Catiónico:** En este estudio dicho análisis se realizó de la siguiente manera: Se determinó por destilación del amonio, después de tratar la muestra con una solución 1N de acetato de amonio con pH 7
- **Cationes intercambiables:** Se utilizó un espectro fotómetro de Absorción atómica Perkin Elmer para leer los elementos Calcio, Magnesio, Sodio y Potasio en el filtrado de Acetato de Amonio pH 7. Se determinó Aluminio intercambiable por KCl 1N en aquellas muestras de suelos que presentaron un pH menor de 5.2.
- **Textura del Suelo:** Se utilizó el método de la pipeta de Robinson. El cual se basa en la relación existente entre la velocidad de precipitación de la partícula del suelo y su tamaño, de acuerdo a la ley de Stokes. Después de un tiempo calculado, se extrae con la pipeta una parte alícuota desde una profundidad definida por debajo de la superficie y luego se evapora a sequedad; el residuo se saca del horno y se pesa, posteriormente se determinan las tres partículas fundamentales del suelo arena, limo y arcilla.

9.3 Perfiles Representativos

Orden: ENTISOLES

I- Información acerca del sitio de la muestra

- a. Número del perfil: VI
- b. Clasificación a nivel de generalización amplia:
 - USDA: Typic Udipsamments**
 - FAO : Arenosol Háptico**
- c. Fecha de la observación: 22 de Abril de 1994
- d. Autor(es): Sabrina Leal, Ignacio Rodríguez, Carlos Zelaya
- e. Ubicación: De la Comarca el trébol 4.5 Km al Norte
- f. Forma del terreno: Planicie
 - 1) posición fisiográfica: Planicie
 - 2) forma del terreno circundante: Sistema de terrazas
 - 3) microtopografía:
- g. Pendiente donde el perfil está situado: Plano a casi plano (0-2%)
- h. Uso de la tierra: Pasto natural y estrella
- i. Clima: Trópico húmedo

II- Información general acerca del suelo

- a. Material originario: Basalto
- b. Drenaje: Bien drenado (clase 4)
- c. Condiciones de humedad en el perfil: presenta poca humedad en todo el perfil
- d. Profundidad de la capa freática: desconocida
- e. Presencia de piedras en la superficie o afloramientos rocosos: Ninguno
- f. Evidencia de erosión: No se observa
- g. Presencia de sales o álcalis: No se observa
- h. Influencia humana: Deforestación del terreno para utilizarlo en la ganadería

III- Descripción del perfil

0 - 7 cm Ap	El color es pardo amarillo grisáceo (10 YR 5/2) en seco, en húmedo negro pardusco (10 YR 3/2), la estructura es granular fina, textura franca arcillosa, la consistencia en seco es blando, en húmedo es friable y en mojado es ligeramente adherente, límite gradual, abundantes poros finos y medios, abundantes raíces finas.
7 - 28cm A₁	Color en seco es pardo amarillento claro (10 YR 4/3), en húmedo es pardo oscuro (10 YR 3/3), la estructura es en bloques angulares y sub-angulares, con textura franco, consistencia en seco es blando, en húmedo es friable, en mojado es ligeramente adherente, límite gradual, abundantes poros finos muy finos, moderados contenido de raíces medias.
28 - 44cm A/C	Color en seco es pardo amarillento claro (10 YR 4/3), en húmedo es pardo amarillo grisáceo (10 YR 4/2), estructura en bloques angulares de medios a grandes, textura franco, consistencia en seco es ligeramente duro, en húmedo es firme, en mojado es ligeramente adherente y plástico, límite gradual, abundantes poros finos y moderado contenido de poros medios, pocas raíces medias y abundantes raíces finas.
44 - 59cm C₁	El color en seco es pardo amarillo claro (10 YR 5/4), en húmedo es pardo amarillo claro (10 YR 4/3), estructura en bloques angulares y subangulares finos y medios, textura franco arenoso, consistencia en seco es suelta, en húmedo es friable, en mojado es ligeramente adherente, límite gradual, bundantes poros medios y moderados poros finos.

- 59 - 74cm. El color es pardo (10 YR 4/4) en seco, en húmedo es pardo amari-
 C₂ llento opaco (10 YR 4/3), la estructura es masiva que rompe en bloques débiles, textura franco arenoso (mayor), consistencia en seco es suelta, en húmedo es friable, en mojado es ligeramente adherente, límite gradual, abundantes poros finos.
- 74 - 87cm. Color en seco es pardo (10 YR 4/4), en húmedo es pardo amarillento
 C₃claro (10 YR 4/3), la estructura es en bloques débiles textura arenoso, consistencia en seco es suelto, en húmedo es friable, en mojado es ligeramente adherente a no adherente, límite de neto a gradual, abundantes poros medios y menores contenidos de poros finos.
- 87 - 97cm. Color en seco es pardo amarillento claro (10 YR 4/3), en húmedo par-
 C₄ do amarillo grisáceo (10 YR 4/2), la estructura en bloques débiles, textura franco arenoso, consistencia en seco es suelta, en húmedo es friable, en mojado es ligeramente adherente a no adherente, abundantes poros medios y en menor cantidad poros finos.

I- Información acerca del sitio de la muestra

- a. Número del perfil: XI
- b. Clasificación a nivel de generalización amplia:
USDA: Typic Udorthents
FAO : Regosol Umbrico
- c. Fecha de la observación: 23 de Abril de 1994
- d. Autor(es): Sabrina Leal, Ignacio Rodríguez, Carlos Zelaya
- e. Ubicación: De Villa Roja 3 Km al Suroeste
- f. Forma del terreno: Sistemas de colinas redondeadas
 - 1) posición fisiográfica: En colinas inclinadas redondeadas
 - 2) forma del terreno circundante: Circundado por escarpe

3) microtopografía: No se observó

g. Pendiente donde el perfil está situado: Escarpado (30-50%)

h. Uso de la tierra: Bosques

i. Clima: Tropical húmedo.

II- Información general acerca del suelo

a. Material originario: Ignimbrita

b. Drenaje: Moderadamente drenado

c. Condiciones de humedad en el perfil: Húmedo en todos sus horizontes.

d. Profundidad de la capa freática: Desconocida

e. Presencia de piedras en la superficie o afloramientos rocosos: Ninguno

f. Evidencia de erosión: Ninguno

g. Presencia de sales o álcalis: Ninguno

h. Influencia humana: Deforestación reciente para dedicarlo a la agricultura
(generalmente frijol)

III- Descripción del perfil

0 - 20/35cm A	Color en seco es entre negro pardusco y pardo oscuro (10 YR 3/2.3), en húmedo es negro pardusco (10 YR 3/2), la estructura es en bloques sub-angulares medios y finos, textura franco arcilloso, consistencia en seco es blanda, en húmedo es firme, en mojado es no adherente y ligeramente plástico, el límite es abrupto y ondulado, abundantes poros finos, abundantes raíces finas y medias.
------------------	---

20/35 - 45/58cm C ₁	Color en seco es amarillo olivo (5 Y 6/4) en un 80% y gris claro (7.5 YR 8/1) en un 20%, en húmedo es pardo olivo (2.5 Y 4/4), la estructura es en bloques medios y finos, la textura es franco arcilloso, consistencia en seco es duro, en húmedo es firme, en mojado es ligeramente adherente y ligeramente plástico, límite abrupto y ondulado, abundantes poros medios, pocas raíces de tamaño mediano.
45/58 - 70cm. C ₂	Color en húmedo es pardo olivo (2.5 Y 4/4) en un 70% y gris rojizo claro (2.5 YR 7/2) en un 30%, la estructura es en bloques sub-angulares medios y finos, textura arcillosa, la consistencia en seco es dura, en húmedo es firme, en mojado es adherente y plástico, el límite es brusco y uniforme, abundantes poros finos, muy pocas raíces finas.
70 - 91cm. R	El color en húmedo es naranja amarillo claro (10 YR 6/4) en un 60% y en un 40% entre gris claro y gris pardusco claro (5 YR 7.8/2), la estructura es masiva, no presenta textura, el material es ignimbrita saprolizada, el límite es abrupto.
91 - 125cm. 2B _{1b}	El color en húmedo es pardo amarillento claro (10 YR 5/3), la estructura es masiva, la textura es arcillosa, la consistencia es dura en seco, en húmedo es firme, en mojado es adherente y plástico, límite gradual y uniforme, abundantes poros finos, pocas raíces medias.
125 - +cm 2B _{2b}	Color en húmedo es pardo amarillento claro (10 YR 5/3), la estructura es masiva, la textura es arcillosa, la consistencia en seco es dura, en húmedo es firme, en mojado es adherente y plástico, abundantes poros finos, pocas raíces medias.

I- Información acerca del sitio de la muestra

a. Número del perfil: XIII

b. Clasificación a nivel de generalización amplia:

USDA: Lithic Udorthents

FAO : Leptosol Lítico

c. Fecha de la observación: 23 de Abril de 1994

d. Autor(es): Sabrina Leal, Efraín Acuña, Carlos Zelaya

e. Ubicación: Cerro el Retorcido, se encuentra a 3.5 km. al Sur del valle el Golfo.

f. Forma del terreno: Montañas escarpadas

1) posición fisiográfica: En montañas escarpadas

2) forma del terreno circundante: El Macizo de Peñas Blancas.

3) microtopografía: No se observo

g. Pendiente donde el perfil está situado: Escarpado (50-75%)

h. Uso de la tierra: Bosques

i. Clima: Tropical húmedo.

II- Información general acerca del suelo

a. Material originario: Ceniza volcánica

b. Drenaje: Bien drenado

c. Condiciones de humedad en el perfil: Húmedo en todo su horizonte.

d. Profundidad de la capa freática: Desconocida

e. Presencia de piedras en la superficie o afloramientos rocosos: Afloramientos rocosos en un 90%

f. Evidencia de erosión: Ninguno

g. Presencia de sales o álcalis: Ninguno

h. Influencia humana: Ninguna

III- Descripción del perfil

0 - 15 cm. Color en húmedo es negro café claro (10 YR 2/3), textura franco,
O estructura granular, friable en húmedo y suave en seco, abundantes poros
 medios y pocos finos, muy abundantes raíces medias, límite abrupto.

15 a más Roca (Ceniza volcánica)

R

Orden: ALFISOLES

I- Información acerca del sitio de la muestra

a. Número del perfil: II

b. Clasificación a nivel de generalización amplia:

USDA: Vertic Ochraqualfs

FAO : Lixisoles Gléyicos

c. Fecha de la observación: 22 de Abril de 1994

d. Autor(es): Sabrina Leal, Ignacio Rodríguez, Carlos Zelaya

e. Ubicación: 600 mtrs al Noreste de la Cooperativa Germán Pomares

f. Forma del terreno: Planicie

1) posición fisiográfica: Planicie

2) forma del terreno circundante: Sistema de colinas redondeadas

3) microtopografía: Ninguna

g. Pendiente donde el perfil está situado: Llano a casi plano (0-2%)

h. Uso de la tierra: Pasto Natural

i. Clima: Tropical húmedo

II- Información general acerca del suelo

a. Material originario: Ignimbrita

b. Drenaje: Mal drenado

- c. Condiciones de humedad en el perfil: Húmedo en todo el perfil
- d. Profundidad de la capa freática: Desconocida
- e. Presencia de piedras en la superficie o afloramientos rocosos: Ninguno en lugar del perfil pero esta circundado por afloramiento rocoso.
- f. Evidencia de erosión: Ninguna
- g. Presencia de sales o álcalis: Ninguna
- h. Influencia humana: Deforestación para el cultivo de pasto.

III- Descripción del perfil

0 - 7cm Ap	El Color amarillo grisáceo (2.5 Y 6/2) en seco, Café (7.5 YR 4/3) en húmedo, estructura granular de media a fina, textura franco arcillo limoso, consistencia en seco blando, en húmedo friable, en mojado ligeramente adherente, límite gradual, poros abundantes medios y finos, abundantes raíces finas y medias.
7 - 20/22cm. A ₁	El color Amarillo grisáceo (2.5 Y 6/2) en un 80 % y un 20 % pardo rojizo (2.5 YR 4/8) en seco, Amarillo pardo grisáceo (10 YR 4/4) en húmedo, estructura prismática que se rompen en bloques angulares y sub-angulares medios, textura arcillosa, consistencia en seco es dura, en húmedo es firme y en mojado es muy adherente, límite gradual, abundantes poros medios y finos, raíces moderadas medias y finas.
20/22-42cm. Btg ₁	El color gris claro (5 Y 7/1) en seco y en húmedo pardo amarillento (10 YR 5/6), con estructura prismática media, textura arcillosa, consistencia en seco es duro, en húmedo es friable en mojado es ligeramente adherente, límite es brusco, abundantes poros finos, pocas raíces medias.

42 - 64cm. Btg ₂	El color es gris pardusco (10 YR 5/1) en un 50 % , pardo brillante (7.5 YR 5/8) en un 50% en seco, en húmedo es pardo brillante (7.5 YR 5/6), la estructura es en prisma gruesos que se rompen bloques sub-angulares gruesos, textura arcillosa, la consistencia en seco es duro, en húmedo es friables, en mojado es ligeramente adherente y plástico, límite gradual, abundante poros finos y no hay presencia de raíces.
64 - 105cm. Btg ₃	El Color gris pardusco (10 YR 6/1) en un 90 % y pardo amarillento (10 YR 5/8) en un 10% en seco y en húmedo pardo amarillento (10 YR 5/6), estructura en prismas gruesas que se rompen en bloques angulares gruesos, textura arcillosa, consistencia en seco es duro, en húmedo es firme y en mojado es muy adherente, límite gradual, abundantes poros finos, no hay presencia de raíces.
105 - + Btg ₄	El Color gris pardusco (10 YR 6/1) en húmedo, con estructura en prismas gruesos que se rompen en bloques angulares gruesos, textura más arcilloso, consistencia en seco es duro, en húmedo es firme, y en mojado es muy adherente, abundantes poros finos.

I- Información acerca del sitio de la muestra

a. Número del perfil: VIII

b. Clasificación a nivel de generalización amplia:

USDA: Vertic Hapludalfs

FAO : Lixisol Gléyico

d. Fecha de la observación: 22 de Abril de 1994

c. Autor(es): Danilo Avendaño, Efraín Acuña, Ignacio Rodríguez

d. Ubicación: 900 mts. al Este de la Jesús Rivera y Juan Fernández

e. Altitud: 640 msnm

f. Forma del terreno: Colinas

1) posición fisiográfica: Colinas redondeadas.

2) forma del terreno circundante: Colinas

3) microtopografía: No se observó

g. Pendiente donde el perfil está situado: Suavemente inclinado (5%)

h. Uso de la tierra: Se encuentra con pasto natural.

i. Clima: Tropical húmedo

II- Información general acerca del suelo

a. Material originario: Ceniza volcánica e ignimbrita

b. Drenaje: Bien drenado (Clase 4)

c. Condiciones de humedad en el perfil: El perfil presenta humedad después de los 40 cm.

d. Profundidad de la capa friática: Desconocida

e. Presencia de piedras en la superficie o afloramientos rocosos: Ninguno

f. Evidencia de erosión: Ninguno

g. Presencia de sales o álcalis: Ninguno

h. Influencia humana: Muy ligera, provocado por el pastoreo de el ganado (pisoteo), provocando compactación.

III- Descripción del perfil

0 - 10cm. El color Negro pardusco (10 YR 3/2) en húmedo, pardo oscuro (10
Ap₁ YR 3/3) en seco, de textura franca arcillosa, la estructura en bloques
medios finos, la consistencia en seco es dura, en húmedo es muy friable,
en mojado es débilmente adherente, abundantes poros grandes y
medianos, con abundantes raíces.

- 10 - 40cm. El color pardo amarillo grisáceo (10 YR 4/2) en seco , oscuro
Bt pardusco en húmedo, de textura arcillo limoso, con estructura columnar de tamaños medios y finos, consistencia duro en seco, de friable a firme en húmedo, en mojado es muy adherente y plástico, el límite es brusco y ondulado, abundantes poros medianos y finos, raíces abundantes de tamaño mediano y fino.
- 40 - 78cm. El color Pardo amarillento claro en un 60% (10 YR 6/8) y gris claro
B/C en un 40% (10 YR 8/1) en húmedo, de textura arcillosa, con estructura en bloques sub-angulares gruesos y medios, consistencia en húmedo es friable, en mojado es débilmente adherente y plástico, el límite del horizonte es brusco, abundantes poros medianos y finos, poca existencia de raíces.
- 78 - 85cm. El color Gris amarillento en un 60 % (2.5 Y 6.5/1) y negro en un 40%
C₁ en húmedo, con textura franco arenoso con bastante grabas, la estructura en láminas gruesas, de consistencia friable en húmedo, en mojado es débilmente adherible y plástico, el límite es brusco, abundantes poros medianos, muy poca existencia de raíces.
- 85 - 111cm. El color Olivo grisáceo o Verde grisáceo en un 70 % (5 Y 6.5/2) y
C₂ pardo grisáceo en un 30 % (7.5 YR 4.5/2) en húmedo, textura franco arenoso, la estructura en láminas gruesas y medianas, la consistencia en húmedo es friable, en mojado es débilmente adhesiva y plástica, el límite es brusco, abundantes poros medianos, raíces muy pocas.

111-168cm.+ El color Pardo grisáceo en un 40 % (7.5 YR 4/2) y gris claro en un
C₃ 60 % (10 YR 8/1) en húmedo, franco arenoso, estructura en láminas
medias y finas, la consistencia en húmedo es firme, en mojado es
débilmente adherible y plástico, el límite es brusco, abundantes poros
medianos, muy pocas raíces.

I- Información acerca del sitio de la muestra

a. Número del perfil: XII

b. Clasificación a nivel de generalización amplia:

USDA: Ultic Hapludalfs

FAO : Acrisol Háplico

c. Fecha de la observación: 23 de Abril de 1994

d. Autor(es): Sabrina Leal, Danilo Avendaño, Efraín Acuña

e. Ubicación: La Chata

f. Forma del terreno: Colinas

1) posición fisiográfica: En la ladera de la colina

2) forma del terreno circundante: Colinas redondeadas inclinadas

3) microtopografía: No se observó

g. Pendiente donde el perfil está situado: Moderadamente escarpado

h. Uso de la tierra: Agrícola (Cafetales y Musáceas)

i. Clima: Tropical húmedo

II- Información general acerca del suelo

a. Material originario: Ignimbrita

b. Drenaje: Mal drenado

c. Condiciones de humedad en el perfil: Húmedo en todo el perfil

d. Profundidad de la capa freática: Desconocida

e. Presencia de piedras en la superficie o afloramientos rocosos: No se observa

f. Evidencia de erosión: Ninguna

g. Presencia de sales o álcalis: Ninguna

h. Influencia humana: Se observa deforestación para establecer cultivos agrícolas.

III- Descripción del perfil

0 - 12cm. A ₁	El color en seco es pardo rojizo oscuro (5 YR 3/4) , en húmedo es pardo rojizo oscuro (5 YR 3/2), la estructura es en bloques sub-angulares de medios a finos, la textura es arcillosa, consistencia en seco es duro, en húmedo es ligeramente firme, en mojado es ligeramente adherente y plástico, límite gradual y
12 - 37cm. A ₂	Color en seco es pardo rojizo oscuro (5 YR 3/3) , en húmedo es pardo rojizo oscuro (5 YR 3/3), la estructura es en bloques sub-angulares de medios a finos, textura arcillosa, consistencia en seco es duro, en húmedo es ligeramente firme, en mojado es adherente y plástico, límite abrupto y ondulado, abundantes poros finos, abundantes raíces medias y pocas gruesas.
37 - 58cm. Bt ₁	Color en seco es pardo rojizo (2.5 YR 4/6) , en húmedo es pardo rojizo (2.5 YR 4/6), la estructura es prismática fuerte que se rompe en bloques medios y finos, la textura es arcillosa con mayor contenido que el horizonte anterior, la consistencia es en seco es duro, en húmedo es firme, en mojado es adherente y plástico, el límite es claro y ondulado, abundantes poros finos, moderadas raíces medias, película de arcilla evidente.

58-100/112 Bt ₂	Color en seco es pardo rojizo brillante (5 YR 5/6) , en húmedo es pardo rojizo brillante (5 YR 5/6), la estructura es prismática fuerte que se rompe en bloques medios y finos, la textura es arcillosa (aún con mas contenido de arcilla que el horizonte anterior), la consistencia en seco es dura, en húmedo es firme, en mojado es adherente y plástico, límite brusco y ondulado, abundantes poros finos, pocas raíces, película de arcilla evidente.
100/112-150+. C	El color en húmedo es amarillo grisáceo (2.5 Y 7/2) en un 50% y un 50% de color rojo (10 R 5/6), el material encontrado en este horizonte es ignimbrita saprolizada.

Orden: ULTISOLES

I- Información acerca del sitio de la muestra

a. Número del perfil: I

b. Clasificación a nivel de generalización amplia:

USDA: Typic Rhodudults.

FAO : Nitosol Ródico

c. Fecha de la observación: 7 de Marzo de 1994

d. Autor(es): Sabrina Leal, Danilo Avendaño, Ignacio Rodríguez, Carlos Zelaya

e. Ubicación: 50 mtrs. al sur de la Cooperativa Germán Pomares.

f. Altitud: 520 msnm.

g. Forma del terreno:

1) posición fisiográfica: Falda de la colina.

2) forma del terreno circundante: Sistema de serranía.

3) microtopografía: Terrazas por el pisoteo del ganado.

h. Pendiente donde el perfil está situado: Moderadamente escarpado (20 -25%)

- i. Uso de la tierra: Al momento de la observación el terreno se encontraba cubierto por pasto natural limpio.
- j. Clima: Trópico húmedo

II- Información general acerca del suelo

- a. Material originario: Basalto con índice de exfoliación.
- b. Drenaje: Moderadamente bien drenado (Clase 3)
- c. Condiciones de humedad en el perfil: Húmedo en todo el perfil
- d. Profundidad de la capa freática: 2.5mts. parte baja de la colina, 3mts. parte alta.
- e. Presencia de piedras en la superficie o afloramientos rocosos: Ninguno
- f. Evidencia de erosión: Erosión en terrazetas por influencia del ganado.
- g. Presencia de sales o álcalis: Ninguno
- h. Influencia humana: Deforestación hace aproximadamente 25 - 30 años para usarlo para la ganadería (pastos naturales) y la agricultura (Maíz, Frijol), para autoconsumo generalmente.

III- Descripción del perfil

- | | |
|-----------------------------|---|
| 0 - 7cm.
A _{1p} | El color es pardo amarillento claro (10 YR 5/4) en húmedo estructura granular fina a muy fina, formando bloques finos, textura franco limoso, poca plasticidad, raíces abundantes finas, poros medios y finos, límite brusco plano. |
| 7 - 22cm.
A ₂ | El color es pardo amarillento oscuro (10 YR 4.5/3), estructura en bloques sub-angulares finos y medios, textura arcilloso, es plástico y adhesivo, raíces abundantes finas y muy finas, límite brusco ondulado. |

22-30/35cm. B/A	El color oscila entre negro pardusco (5 YR 2.3/1.2) en 90 %, pardo rojizo (2.5 YR 4/6) en un 10 %, estructura de bloques sub-angulares y laminares, textura arcillosa, es muy plástico y muy adhesivo (consistencia), raíces abundantes finas, poros abundantes muy finos, límite neto plano.
30/35-68/73cm. Bt	El color es pardo rojizo oscuro (2.5 YR 3/6) en húmedo, textura es arcillosa, estructura en bloques sub-angulares medios y finos, con una consistencia ligeramente plástica y adhesiva en mojado, pocas raíces finas y muy finas, un 70 % aproximadamente de poros finos y 30 % de poros muy finos.
68/73-101cm. B/C	El color es pardo rojizo (2.5 YR 4/6) en un 70 %, y naranja claro (10 YR 7/2) y pardo rojizo brillante (5 YR 5/8) en un 30 % en húmedo, estructura en bloques sub-angulares muy finos, con textura arcillosa, el límite es neto y gradual, la consistencia es ligeramente adhesivo y ligeramente plástico en húmedo, poros muy finos y pocas raíces medias y muy finas.
101 - 122+cm C	El Color es rojo (10 R 4/8) en un 40 % y pardo amarillento (2.5 Y5/6) en un 60 % en húmedo, estructura en bloques subangulares finos, textura arcillosa, la consistencia es ligeramente adhesivo a ligeramente plástico, con poros muy finos.

I- Información acerca del sitio de la muestra

a. Número del perfil: VII

b. Clasificación a nivel de generalización amplia:

USDA: Rhodic Kandiudults

FAO : Nitosol Ródico

- c. Fecha de la observación: 22 de Abril de 1994
- d. Autor(es): Danilo Avendaño, Ignacio Rodríguez, Efraín Acuña
- e. Ubicación: 1.5 Km.al Suroeste de la Cooperativa Jesús Rivera y Juan Fernández carretera a Wiwilí.
- f. Altitud: 800 msnm
- g. Forma del terreno: Serranías
 - 1) posición fisiográfica: En pendientes fuertes ubicado en la parte más alta.
 - 2) forma del terreno circundante: Sistema de serranía.
 - 3) microtopografía: ninguna
- h. Pendiente donde el perfil está situado: Escarpado (45%)
- i. Uso de la tierra: Al momento de la descripción del perfil se encontraba cultivado con maíz. Utilizándolo también para otros granos básicos.
- j. Clima: Trópico húmedo

II- Información general acerca del suelo

- a. Material originario: Ignimbrita fuertemente meteorizada.
- b. Drenaje: Bien drenado (Clase 4)
- c. Condiciones de humedad en el perfil: Húmedo por debajo de los 33 cm.
- d. Profundidad de la capa freática: No se conoce
- e. Presencia de piedras en la superficie o afloramientos rocosos: Ninguno
- f. Evidencia de erosión: Ninguna visible, pero por la ubicación fisiográfica y la pendiente se infiere la incidencia de erosión laminar.
- g. Presencia de sales o álcalis: Ninguno.
- h. Influencia humana: Despale reciente y perturbación de la capa superficial por la agricultura, pero ésta es mínima, dado que la labranza es al espeque.

III- Descripción del perfil

- 0 - 10cm.** El color Pardo oscuro (10 YR 3/3) en seco y negro (10 YR 3/2) en húmedo, con textura franco arcilloso, estructura en bloques subangulares finos y medios, la consistencia en seco es duro a ligeramente duro, en húmedo es de firme a friable, en mojado es adherente y plástico, abundantes poros medianos y finos, abundantes raíces finas.
- A₁**
- 10 - 33cm.** El color Pardo amarillento bajo (10 YR 5/3) en seco pardo oscuro (10 YR 3/3) en húmedo, textura arcillosa, estructura en Bloques subangulares grueso, la consistencia en seco es dura, de firme a friable en húmedo, es adherente y plástico en mojado, el límite es brusco y ondulado, con poros abundantes medianos y gruesos, abundantes raíces medianas.
- A₂**
- 33 - 71cm.** Suelos de color pardo (7.5 YR 4/4) en húmedo, de textura franco, con estructura en bloques sub - angulares gruesos, la consistencia en seco es duro, en húmedo es firme, en mojado es adherente y plástico, el límite es neto y ondulado, abundantes poros medianos y muy abundante poros finos, pocas raíces finas.
- A₃-A/B**
- 71 - 99cm.** Suelos de color pardo rojizo (5 YR 4/6) en húmedo, estructura en bloques gruesos, textura arcillosa, consistencia en seco es duro, en húmedo es firme, en mojado es adherente y plástico, abundantes poros medianos y muy abundantes poros finos, pocas raíces finas el límite es brusco y ondulado.
- Bt₁**
- 99 - 182cm.** El color va de pardo rojizo claro a pardo rojizo (2.5 YR 4.5/8) en húmedo, textura franco arcilloso, de estructura prismática, de consistencia dura en seco, firme en húmedo, adherente y plástico en mojado, el límite es brusco y ondulado, muy abundantes poros finos con pocos poros medianos, muy poca presencia de raíces.
- Bt₂**

182-214cm.+ El color oscila entre pardo rojizo claro a anaranjado (2.5YR 5.6/8) en

C húmedo, con textura franco arenoso, de estructura masiva, la consistencia en seco es dura, firme en húmedo, adherente y plástico en mojado, con límite neto y ondulado, muy abundantes poros finos y muy finos, raíces muy pocas.

I- Información acerca del sitio de la muestra

a. Número del perfil: X

b. Clasificación a nivel de generalización amplia:

USDA: Andic Kandiuults

FAO : Acrisol

c. Fecha de la observación: 23 de Abril de 1994

d. Autor(es): Sabrina Leal, Danilo Avendaño, Efraín Acuña

e. Ubicación: Portillo grande

f. Forma del terreno: Serranía

1) posición fisiográfica: En la parte alta de la serranía

2) forma del terreno circundante: Circundado por escarpe

3) microtopografía: No se observó

g. Pendiente donde el perfil está situado: Escarpado (30%)

h. Uso de la tierra: Bosque secundario

i. Clima: Trópico húmedo

II- Información general acerca del suelo

a. Material originario: Ignimbrita andesítica

b. Drenaje: Bien drenado

c. Condiciones de humedad en el perfil: Húmedo en todo el perfil

d. Profundidad de la capa freática: Desconocida

e. Presencia de piedras en la superficie o afloramientos rocosos: Ninguna

f. Evidencia de erosión: No existe

g. Presencia de sales o álcalis: Ninguno

h. Influencia humana: No existe

III- Descripción del perfil

0 - 4cm. Abundante hojarasca, tallos en descomposición (Materia Orgánica),
O abundantes raíces finas y medias.

4 - 26cm. Color en húmedo está entre amarillo claro y pardo amarillento (2.5
Ae Y 5.6/4), estructura en bloques sub-angulares medios y finos débiles,
textura franco, consistencia en seco es moderadamente blando, en
húmedo es friable, en mojado es ligeramente adherente y ligeramente
plástico, el límite es abrupto y uniforme, abundantes poros finos y medios,
abundantes raíces finas y media, y pocas gruesas.

26 - 39cm. Color en seco es pardo amarillento (2.5 Y 5/4), en húmedo es pardo
A oscuro (10 YR 3/3), textura franco limoso la estructura en bloques
subangulares medios y finos débiles, consistencia en seco es
moderadamente blando, en húmedo es friable, en mojado es ligeramente
adherente y ligeramente plástico, límite abrupto y uniforme, poros
abundantes finos y medios, abundantes raíces finas y medias.

39 - 57cm. Color en seco es pardo amarillento (2.5 Y 5/6), en húmedo varía
Bw entre pardo oscuro y pardo amarillento claro (10 YR 3.4/3), la estructura es
en bloques sub-angulares medios y finos débiles, la textura es franco
arcilloso, la consistencia en seco es moderadamente blando, en húmedo
es friable, en mojado es ligeramente adherente y ligeramente plástico, el
límite es claro y uniforme, poros abundantes finos y medios, abundantes
raíces finas y medias.

- 57 - 99cm. Color en seco es pardo amarillento (10 YR 5/6), en húmedo es
Bt₁ pardo amarillento (10 YR 5/8), la estructura es en bloques sub angulares
medios y finos débiles, la textura es arcilloso, consistencia en seco es duro,
en húmedo es friable, en mojado es adhesivo y plástico, límite difuso y
uniforme, abundantes poros finos y medios, pocas raíces finas.
- 99 - 167cm. Color en seco es pardo rojizo (2.5 YR 4/6), en húmedo varia entre
Bt₂ pardo a pardo brillante (7.5 YR 4.5/4), la estructura es en bloques medios y
finos, la textura es arcillosa, la consistencia en seco es dura, en húmedo es
friable, en mojado es adherente y plástico, el límite es difuso y uniforme,
abundantes poros finos y muy pocas raíces finas.
- 167 - +cm Color en húmedo es pardo (7.5 YR 4/6), la estructura es masiva, la
C textura es franco arenoso, la consistencia en seco es ,blanda, en húmedo
es friable, en mojado es no adherente y ligeramente plástico, abundantes
poros finos, muy pocas raíces finas.

Cuadro N # 22: Análisis físicos y químicos de los perfiles representativos de la Subcuenca Cuá-Bocaycito.

PERFIL	PROFUNDIDAD cm	pH H ₂ O	pH KCL	M.O	CIC	Ca	Mg	Na	K	Al	CICe	SB	PSB	TEXTURA
1	0 - 7	4.69	4.29	7.01	43.52	5.00	0.00	0.65	0.38	0.31	6.34	6.03	13.86	FL
	7 - 22	5.14	4.59	3.95	27.42	4.50	0.00	0.65	0.26	0.12	5.53	5.41	19.73	A
	22 - 30/35	5.41	4.75	2.13	30.90	6.25	1.25	0.87	0.51	0.00	8.88	8.88	28.74	A
	30/35 - 68/73	5.01	4.13	0.62	44.83	6.50	4.99	0.43	0.77	1.74	14.43	12.69	28.31	A
	68/73 - 101	4.65	3.80	0.21	62.24	1.00	0.00	0.87	0.38	17.45	19.70	2.25	3.62	A
	101 - 122	4.58	3.79	0.87	62.24	0.75	0.00	0.22	0.26	16.94	18.17	1.23	1.98	A
2	0 - 7	4.72	4.10	7.43	63.11	5.25	0.00	0.43	0.64	0.35	6.67	6.32	10.01	FAL
	7 - 20/22	5.06	4.28	3.68	27.42	5.00	0.00	0.87	0.51	0.23	6.61	6.38	23.27	A
	20/22 - 42	5.82	4.73	1.03	16.97	4.00	0.00	0.87	0.38	0.00	5.25	5.25	30.94	A
	42 - 64	4.67	3.81	1.50	32.64	5.75	0.00	1.09	0.26	1.98	9.08	7.10	21.75	A
	64 - 105	4.44	3.49	1.26	50.92	5.25	0.00	0.87	0.26	7.17	13.55	6.38	12.53	A
6	0 - 7	5.94	4.69	4.37	63.98	14.00	1.25	0.65	1.41	0.00	17.31	27.06	27.06	FA
	7 - 28	5.63	4.75	2.71	56.15	14.50	0.83	0.65	1.15	0.00	17.13	30.51	30.51	F
	28 - 44	5.84	4.79	0.90	67.46	19.75	7.90	0.87	1.41	0.00	29.93	44.37	44.37	F
	44 - 59	5.82	4.79	0.21	63.99	16.25	4.58	0.87	1.15	0.00	22.85	35.71	35.71	Fa
	59 - 74	5.85	4.76	0.07	59.63	19.75	5.82	0.87	1.15	0.00	27.59	46.27	46.27	Fa
	74 - 87	5.85	4.83	0.07	64.85	16.00	2.50	0.87	0.64	0.00	20.01	30.86	30.86	Fa
	87 - 97	6.11	4.80	0.07	56.15	15.00	0.42	0.87	0.26	0.00	16.55	29.47	29.47	Fa
7	0 - 10	5.95	5.23	7.15	51.79	11.25	0.00	0.65	1.02	0.00	12.92	12.92	24.95	FA
	10 - 33	5.84	5.09	2.01	39.61	9.25	0.00	0.65	0.64	0.00	10.54	10.54	26.61	A
	33 - 71	5.53	4.65	1.73	30.90	7.50	0.00	0.65	0.38	0.00	8.53	8.53	27.61	F
	71 - 99	4.37	3.64	0.07	40.48	3.00	0.00	0.65	0.13	8.80	12.58	3.78	9.34	A
	99 - 182	4.11	4.70	0.39	63.11	1.00	0.00	0.65	0.13	16.75	18.53	1.78	2.82	FA
	182 - 214	4.21	3.68	0.39	68.33	0.75	0.00	0.65	0.13	17.02	18.55	1.53	2.24	FA
8	0 - 10	6.03	4.94	8.40	72.69	15.50	2.50	0.65	0.90	0.00	19.55	19.55	26.90	FA
	10 - 40	5.97	4.86	2.29	90.97	26.75	12.06	0.87	0.51	0.00	40.19	40.19	44.18	AL
	40 - 78	5.70	4.72	1.18	97.06	29.38	16.02	0.98	0.51	0.00	46.89	46.89	48.31	A
	78 - 85	5.45	4.41	0.55	110.99	25.75	14.56	0.87	0.38	0.00	41.56	41.56	37.44	Fa
	85 - 111	5.83	4.16	0.55	110.99	29.75	17.26	1.74	0.45	0.00	49.20	49.20	44.33	Fa
	111 - 168	5.62	4.25	0.55	120.56	37.75	21.22	2.39	0.64	0.00	62.00	62.00	51.43	a
10	0 - 4	5.43	4.38	3.82	64.85	7.25	0.00	0.65	0.26	0.00	8.16	8.16	12.58	-
	4 - 26	5.44	4.58	5.48	54.43	5.00	0.00	0.65	0.13	0.00	5.78	5.78	10.62	F
	26 - 39	5.11	4.28	1.46	76.17	11.00	0.00	1.08	0.13	0.73	12.94	12.21	16.03	FL
	39 - 57	4.53	3.70	1.70	80.52	5.00	0.00	1.08	0.13	14.81	21.02	6.21	7.71	FA
	57 - 99	4.47	3.71	0.62	74.43	2.00	0.00	0.87	0.13	15.66	18.66	3.00	4.03	A
11	0 - 20/35	5.91	4.76	3.67	48.31	9.50	0.00	0.65	0.38	0.00	10.53	10.53	21.80	FA
	20/35 - 45/58	5.61	4.77	1.46	49.18	14.00	0.00	1.74	0.26	0.00	16.00	16.00	32.53	FA
12	0 - 12	5.91	4.83	6.45	50.92	10.50	0.83	0.76	0.83	0.00	12.92	12.92	25.37	A
	12 - 37	5.83	4.87	2.85	46.57	9.75	0.00	0.87	0.26	0.00	10.88	10.88	23.36	A
	37 - 58	5.31	4.75	1.19	52.66	10.25	4.58	0.87	0.26	0.00	15.96	15.96	30.31	A
	58 - 100/112	5.01	4.39	1.90	51.79	10.25	7.49	0.87	0.26	0.20	19.07	18.87	36.44	A